Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

38. JAHRGANG **HEFT 23** (ERSTES DEZEMBERHEFT) **1951**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Kontinuität und Möglichkeit. Eine Studie über die Beziehung zwischen den Gegenständen der Mathematik und der Physik. Von C. F. v. WEIZSÄCKER 533

Die durch die atmosphärische Ozonschicht bewirkte Färbung des Erdschattens auf dem verfinsterten Mond. Von H. K. PAETZOLD 544

BERICHTE.

Im integralen Licht sichtbare Sonneneruptionen. Von R. MÜLLER 545

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Andeutung einer Strukturzahl 6 in Atomkernen. Von H. E. BINKELE 546

Der Valenzwinkel des Schwefelatoms im Diphenylsulfon. Von C. KEIL und K. PLIETH 546

Hemmung des Viskositätsabfalles in ATP-Actomyosin-Mischungen durch Colchicin. Von E. BÁRÁNY und A. PALIS . . . 547

Über die Abhängigkeit der Colchicinwirkung von der Adenosintriphosphorsäure. Von H. LETTRÉ und M. ALBRECHT . . . 547

Über den Gehalt an Häminkörpern in den Wurzelknöllchen von Nicht-Leguminosen. Von K. EGLE und H. MUNDING . . 548

Neue Forschungen über Systematik und Ökologie der Collembolen. Von H. GISIN 549

BESPRECHUNGEN.

B. L. VAN DER WAERDEN, Moderne Algebra. (Ref.: M. DEURING) 549

H. ALFVÉN, Cosmical Electrodynamics. (Ref.: L. BIERMANN) 550

G. LOCKEMANN, Robert Wilhelm Bunsen. (Ref.: K. G. KINKEL) 550

R. SCHRÖDER, Krystallometrisches Praktikum. (Ref.: H. SEIFERT) 550

K. MICHEL, Die Grundlagen der Theorie des Mikroskops. (Ref.: H. SCHUMANN) 551

V. PATZELT, Das Mikroskop und seine Nebenapparate im Dienst der Naturwissenschaften, Medizin und Technik. (Ref.: M. STEINER) 551

F. BRÄUTIGAM und A. GRABNER, Beiträge zur Fluoreszenzmikroskopie. (Ref.: M. STEINER) 552

C. THESING, Schule der Biologie. (Ref.: B. HASSENSTEIN) . . 552

R. KRÄUSEL, Versunkene Floren. (Ref.: W. GOTHAN) . . . 552

»BUCHLER-RADIOGEN«

Zur Materialprüfung mittels Gammagraphie:
(zerstörungsfreie Werkstoffprüfung)

Radioaktive Präparate
nebst Zubehör

ALLGEMEINE RADIUM-BUCHLER G.M.B.H.
BRAUNSCHWEIG / FRANKFURTER STRASSE 294
Telefon: 25315 · Drahtanschrift: Herbuchler · Fernschreiber: 02530

BUCHLER · RADIOGEN

BUCHLER · RADIOGEN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 12.— DM, für das einzelne Heft 2.50 DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift bei direktem Bezug vom Verlag im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:
Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Physikalische Chemie. Ein Vorlesungskurs

Von Dr. **Klaus Schäfer,** o. Professor für physikalische Chemie an der Universität Heidelberg. Mit 71 Abbildungen. IX, 294 Seiten. 1951. Ganzleinen DM 19.60

Die „Physikalische Chemie" von K. Schäfer faßt den Inhalt einer zweisemestrigen Einführungsvorlesung zusammen. Sie hält sich in Stoffauswahl und Gliederung an die bewährte Tradition der Nernst-Eucken-Schule und legt das Hauptgewicht auf ein gründliches Verständnis der thermodynamischen Gesetze und Zusammenhänge, während die kinetische Theorie demgegenüber etwas zurücktritt und mehr zur Illustrierung der mit der anderen Behandlungsart gewonnenen Einsichten dient. Mit Bezug auf die Straffheit und Konsequenz der Darstellung weicht das neue Buch dagegen von seinen Vorgängern, z. B. dem Euckenschen Grundriß, erheblich ab. Bewußt wurde vorausgesetzt, daß der Student, wenn er physikalische Chemie zu hören beginnt, über die elementaren Tatsachen der Physik und der allgemeinen Chemie bereits Bescheid weiß und daß er sich ferner in den Grundoperationen der Differential- und Integralrechnung die nötigen Fertigkeiten erworben hat. Nur so ist es möglich gewesen, auf knappstem Raum ein geschlossenes Bild der physikalischen Chemie zu geben. Der besondere Vorzug dieses neuen Lehrbuches liegt in der didaktisch glücklichen Behandlung des ersten und zweiten Hauptsatzes und ihrer Folgerungen, die wohl noch in keinem Lehrbuch vorher so dem Verständnis nahegebracht worden sind. Der Verzicht auf Wiederholung bereits bekannter Dinge hat außerdem erlaubt, die Darstellung der einzelnen Probleme teilweise bis auf den modernsten Stand heranzuführen. Aus diesen Gründen wird sich das Lehrbuch von K. Schäfer bald bei der Studentenschaft besonderer Beliebtheit erfreuen.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 38 Heft 23 (Erstes Dezemberheft) 1951

Kontinuität und Möglichkeit.

Eine Studie über die Beziehung zwischen den Gegenständen der Mathematik und der Physik*).

Von C. F. v. WEIZSÄCKER, Göttingen.

1. Fragestellung.

Die nachfolgenden Überlegungen bewegen sich, in einem mathematischen Gleichnis gesprochen, in der Umgebung des Schnittpunktes der drei Ebenen, die wir Mathematik, Physik und Philosophie nennen. Sie suchen zugleich darauf hinzuweisen, daß die übliche Darstellung dieser drei Disziplinen, welche ihre Fragestellungen als klar voneinander trennbar ansieht, nur in einer für die zentralen Fragen unzureichenden Näherung zutrifft. Um das mathematische Gleichnis fortzusetzen: nur in großem Abstand von dem gemeinsamen Mittelpunkt kann man die von den drei Disziplinen gebildete Figur in drei getrennte Ebenen zerlegen; in der Nähe des Mittelpunktes ist sie eine andersartige, einheitliche Struktur.

Diese Struktur ist nicht a priori bekannt. Sie wird nur im Fortschreiten der Wissenschaften selbst schrittweise sichtbar. Wir lassen uns daher in unserer Betrachtung von einem bestimmten ungelösten Problem der heutigen Physik leiten. Wir werden es hier seiner Lösung nicht näherführen, aber es wird uns veranlassen, das zu seiner Lösung erforderliche begriffliche Material zu überprüfen. Diese Überprüfung liefert uns den Ansatz einer Fragestellung in bezug auf den Schnittbereich der drei Disziplinen.

Das Problem, das wir wählen, ist das des Kontinuums. Es mag ein für das heutige Datum passendes Thema sein, denn W. HEISENBERG [*1*] hat schon vor mehr als zehn Jahren die Frage ausführlich erörtert, ob in die Physik als neue Elementarkonstante eine kleinste Länge eingeführt werden solle. Die physikalischen Gründe zu dieser Vermutung und ihr Verhältnis zur neueren Entwicklung der Feldphysik besprechen wir weiter unten. Wir wollen hier zunächst nur hervorheben, daß der Gedanke einer kleinsten Länge, wenn man ihn ernst nimmt, eine Revision der physikalischen und vielleicht der mathematischen Vorstellung vom Kontinuum involviert.

Kontinuum heißt das Zusammenhängende. Mit der Vorstellung des Zusammenhangs verbindet sich für uns im allgemeinen die Vorstellung der Teilbarkeit. Das überall Zusammenhängende (etwa eine ununterbrochene Strecke) stellen wir uns darum seit den Paradoxien des Zenon überall teilbar vor. „Kleinste Länge" erscheint dann zunächst als ein widerspruchsvoller Begriff. Ist sie eine Länge, so ist sie teilbar, also nicht die kleinste. Ist sie „kleinst", so ist sie keine Länge. Setzen wir sie z. B. gleich $2 \cdot 10^{-13}$ cm, so involviert schon diese Bezeichnungsweise, daß wir uns auch $1 \cdot 10^{-13}$ cm noch denken können, aber auch 10^{-14} oder 10^{-26} cm.

Die Meinung ist, daß die kleinste Länge keine Länge im anschaulichen Sinn sein soll. Sie soll vielmehr die Größenordnung bezeichnen, bis zu der hinab die übliche Längenvorstellung noch angewandt werden kann. Das Problem ist von ähnlicher Struktur und wohl auch sachlich verwandt mit dem klassischen Problem des Atomismus. Denke ich das Atom ausgedehnt, so denke ich damit zugleich seine Teile. Also hat das ausgedehnte Atom Teile, und seine Unteilbarkeit ist dann nur eine vielleicht unüberwindbare technische Schwierigkeit. Die Quantenmechanik hat dieses Problem durch BOHRS Begriff der Komplementarität gelöst. Sofern das Innere des „Atoms" geometrisch beschrieben wird, ist es teilbar; sofern es als letzte Einheit auftritt, z. B. in der Chemie, muß auf eine geometrische Beschreibung seines Inneren verzichtet werden. Die Hypothese der „kleinsten Länge" besagt, daß auf die geometrische Beschreibung ruhender Längen unter etwa $2 \cdot 10^{-13}$ cm überhaupt und nicht nur, wie in der Quantenmechanik, unter gewissen Bedingungen verzichtet werden müsse.

Wenn ein Physiker einem Mathematiker diese Frage erläutert, so hört er oft die mit der Naivität des guten Gewissens gestellte bestätigende Gegenfrage: Ihr glaubt also, daß der physikalische Raum nicht als ein Kontinuum beschrieben werden kann? Es scheint mir, daß sich in dieser Frage diejenigen Mißverständnisse verdichten, die uns alle bisher an einer erfolgreichen Bearbeitung des Problems des Kontinuums gehindert haben.

Zunächst sei ein Mißverständnis des rein physikalischen Sinnes der Frage beseitigt. Die Hypothese der kleinsten Länge besagt nicht, an die Stelle des kontinuierlichen Raumes solle ein „diskreter Raum" gesetzt werden, in dem z. B. jede endliche Strecke aus einer genau angebbaren Anzahl individuell unterscheidbarer kleinster Längen zusammengesetzt wäre. Wollte man die individuellen kleinsten Längen anschaulich verstehen, so verfiele man dem soeben geschilderten Selbstwiderspruch. Daß man die Diskretheit auch nicht um den Preis der Unanschaulichkeit einhandeln kann, läßt sich natürlich nicht a priori zeigen, geht aber aus der konkreten physikalischen Situation (vgl. unten Abschnitt 5) wohl klar hervor. Hier sei nur bemerkt, daß ein derartiges Verfahren wohl immer ein Koordinatensystem als ruhend auszeichnen würde, also nicht relativistisch invariant wäre. Der Begriff des Kontinuums ist eben nicht nur im Begriff des Raums, sondern auch in denen der Zeit, der Bewegung, der Energie, in anderer Weise auch im Begriff der Wahrscheinlichkeit enthalten und kann nicht nur aus einem von ihnen allein entfernt werden. Die Erfahrungen über Entstehung und Vernichtung von Teilchen und der Begriff der „virtuellen Existenz" eines Teilchens scheinen zu zeigen, daß die Entwicklung nicht in der Richtung einer wachsenden Abzählbarkeit von Elementargebilden geht.

In der soeben dem Mathematiker in den Mund gelegten Frage dürfte aber auch ein Mißverständnis über

*) WERNER HEISENBERG zum 50. Geburtstag am 5. Dezember 1951 gewidmet.

die Rolle der Mathematik in unserem Problem (und vielleicht überhaupt) liegen. Die Frage setzt voraus, wir dürften von einem mathematischen Begriff des Kontinuums ausgehen, der bis auf gewisse, nur für Spezialisten interessante Grundlagenschwierigkeiten klar sei, und es sei dann nur zu prüfen, ob er in der Physik mit Nutzen verwendet werden könne. Die heutige Mathematik hat in der Tat einen durchdachten Begriff des Kontinuums anzubieten; wir kennen ihn z.B. in der Auffassung der Punkte einer Strecke als aktual unendliche, überall dichte, überabzählbare Menge. Eine konsequente Physik der kleinsten Länge würde auch vermutlich dazu führen, daß dieser Begriff nicht direkt, sondern entweder gar nicht oder nur als Hilfsbegriff einer andersartigen Konstruktion, auf den physikalischen Raum angewandt würde. Aber diese Physik würde damit nicht auf den Begriff „Kontinuum" verzichten dürfen. Die Physik sollte uns daran erinnern, daß der Gedanke eines Kontinuums älter und ursprünglicher ist als die spezielle Fassung, die ihm die Mathematik der letzten 100 Jahre gegeben hat. Wie stets, wenn eine Grundlagenrevision nötig wird, ist es lohnend, zu den Anfängen zurückzugehen. Der ursprüngliche Begriff des Kontinuums aber, auf den wir dabei stoßen werden, gehört in gleichem Maße der Physik, der Mathematik und der Philosophie an, und der mengentheoretische Kontinuumsbegriff ist wohl nur die Art, in der die neuzeitliche Mathematik sich diesen Begriff vorerst einmal handlich gemacht hat.

Es scheint, daß sich die Mathematik von jeher und bis zum heutigen Tage auf genau zwei, freilich eng miteinander verwobene Gegenstandstypen bezieht. Die traditionelle Antwort auf die Frage nach dem Gegenstand der Mathematik lautet: Zahlen und Figuren. Mathematische Naturwissenschaft gilt als charakterisiert durch zwei Tätigkeiten: Zählen und Messen. Der heutige Mathematiker empfindet die natürliche Zahl und die geometrische Figur höchstens als je ein charakteristisches Beispiel allgemeiner Gegenstandsklassen. Aber etwa die Unterscheidung zwischen Gesamtheiten mit algebraischer und solchen mit topologischer Verknüpfung enthält noch genau dieselbe Einteilung, die mit dem Begriffspaar „diskret" und „kontinuierlich" unscharf angedeutet ist. Es dürfte schwierig sein, von einer rein formalen Auffassung der Mathematik als „Zeichenspiel" her diese Zweiteilung zu verstehen. Warum sollten uns nicht auch noch ganz andere lustige Spielstrukturen einfallen? Die Unterscheidung wird aber vielleicht verständlich werden, sobald wir nach der Beziehung der Mathematik zur Wirklichkeit fragen — was immer das Wort „Wirklichkeit" hier bedeuten möge. Unser Nachsatz besagt: wir können eine solche Frage nicht stellen, ohne zugleich wieder einmal zu fragen, was wir unter „Wirklichkeit", „Sein", „Wahrheit" verstehen, d. h. ohne zu philosophieren. Das Philosophieren können wir uns ja nur dort ersparen, wo wir in einer Welt festgefügter Begriffe vorwärtsschreiten, nicht aber wo wir die Grundlagen prüfen.

Es hat in der Mathematik nicht an formal erfolgreichen Versuchen gefehlt, die beiden Bereiche einem einheitlichen Gesichtspunkt unterzuordnen. Die Erweiterung des Zahlbegriffs von der natürlichen zur reellen Zahl unterwirft das Kontinuum dem Zahlbegriff. Solange dabei nur algebraisch-formale Gesichtspunkte leitend sind, bleibt freilich die Frage ungeklärt, was diesen Aufbau vor anderen denkbaren zwangsläufig auszeichnet. Auch scheint der konsequentere algebraische Haltepunkt beim Körper der rationalen Zahlen oder dann bei dem der komplexen Zahlen zu liegen. Ohne den Wunsch, das gegebene geometrische Kontinuum darzustellen, wäre der Aufbau schwerlich so vollzogen worden, wie wir ihn heute kennen. Es könnte der höchste Ehrgeiz eines mathematischen Physikers sein, einmal rein algebraisch zu zeigen, daß es eine nicht aufs Diskrete beschränkte Welt mit anderen mathematischen Eigenschaften als denen des uns bekannten Kontinuums gar nicht geben könnte. Aber solange das nicht geleistet ist, bleibt Kroneckers Empfinden begreiflich: „Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles Andere ist Menschenwerk". Im Sinne des hier vertretenen Standpunkts sind unter „alles Andere" nur die zur Darstellung des Kontinuums erfundenen Zahlbegriffe zu verstehen. Das Kontinuum selbst hat als einen Wesenszug der Welt, in der wir leben, derselbe Gott gemacht, der uns das Handwerkszeug der ganzen Zahlen mitgegeben hat. Vielleicht liegt das „Menschenwerk" an den reellen Zahlen gerade darin, daß sie die im Kontinuum uns begegnende Wirklichkeit den ganzen Zahlen ähnlicher zu machen sucht, als sie wirklich ist.

Eine andere Vereinheitlichung ist der Aufbau der Lehre von Zahlen und Punktmengen von der Mengenlehre her. Wir wollen sie an diesem Ort noch nicht näher betrachten. Durch die Entdeckung der Paradoxien ist diesem Aufbau jedenfalls der Charakter der Selbstverständlichkeit genommen worden. Die Auffassung des Kontinuums als Punktmenge kann in gewisser Weise als die größtmögliche Annäherung des Kontinuums an die Struktur des Diskreten angesehen werden, und der Verdacht ist öfters laut geworden, daß gerade hierin ihr Fehler liege.

Es ist vielleicht deutlich geworden, daß die Frage nach dem Wesen des Kontinuums von der nach dem Wesen der Zahl nicht losgelöst werden kann. Wir fragen nach der Beziehung beider zu dem, was wir die Wirklichkeit nennen. Wir wollen mit einer, notgedrungen kurzen, Erörterung des Zahlbegriffs beginnen.

2. *Anzahl und Allgemeinheit.*

Die Zahl ist eine der größten Entdeckungen der Menschheit. Wer einsieht, daß drei Äpfel und drei Füchse etwas miteinander Gemeinsames haben, was weder zwei Äpfel mit drei Äpfeln noch zwei Füchse mit drei Füchsen gemein haben, der hat eine neue Ebene des Denkens erstiegen.

Was aber ist das, was sie miteinander gemein haben? Die Anzahl Drei. Was aber ist „Drei"? Was ist eine Anzahl? Jeder von uns versteht es; aber wir stocken, wenn wir versuchen, es zu sagen. Mathematik ist geradezu bezeichnet worden als die gewisse Erkenntnis eines Gegenstandes, von dem man nicht sagen kann, was er ist.

Das ist nicht zufällig. Das Problem des Wesens der Zahl ist ein Teil eines Problems, das als Ganzes zwar schon von der griechischen Philosophie gesehen worden ist, das aber gerade für die empiristische Philosophie, die in unserer Zeit mit der exakten Wissenschaft verbunden zu sein pflegt, unlösbar bleiben muß. Die Zahl fällt in den Bereich dessen, was in der Philosophie unter dem Namen des Eidos, der Form, der

Universalien, des Allgemeinen diskutiert worden ist. Das Universalienproblem werden wir hier und heute nicht lösen. Wir versuchen aber, es so einzuengen, daß einige für die Zahl charakteristische Züge hervortreten.

Wir wollen sagen, „Drei" sei eine *Struktur* [2]. Wir meinen damit das Wesen der Zahl nicht „erklärt" zu haben, denn nun tritt die Frage auf, was eine Struktur sei. Wir werden versuchen, auf Merkmale dessen, was wir „Struktur" nennen, hinzuweisen und dadurch schließlich vielleicht mit dem Leser zu einer gemeinsamen Verwendungsweise dieses Begriffs zu gelangen. Wir versuchen das aber zunächst nicht am allgemeinen Begriff der Struktur, sondern am besonderen Beispiel der Zahl.

Die Struktur „Drei" kann verschiedenen Gegenstandsgruppen zukommen, z. B. drei Äpfeln oder drei Füchsen. Sie ist in allen diesen Fällen dieselbe Struktur. Sie kann an Äpfeln und Füchsen, an Bäumen und Zelten als dieselbe wiedererkannt werden. Sie selbst aber ist kein Baum und ist kein Zelt. Sie ist kein „Ding". Einen Baum oder ein Zelt kann man vorzeigen. Aber man kann nicht auf ein Ding zeigen und sagen: das ist Drei. Drei kann nur vorgezeigt werden in der Gestalt von drei Zelten oder drei Füchsen, kurz drei „Dingen". Wer abstrakt genug denken gelernt hat, kann sie vielleicht auch an Hand von drei Gedanken „vorzeigen".

Da man „drei" wiedererkennen kann, ist es legitim, diesem Wiedererkennbaren einen Namen „Drei", „3" zu geben. Wir pflegen das Wort „es gibt" so zu gebrauchen, daß wir von etwas, das man wiedererkennen kann, sagen, es gebe dieses wiedererkennbare Etwas. Also gibt es „die Drei". Der Satz ist unanfechtbar, solange wir uns nicht auf eine zu enge Deutung des „es gibt" festlegen. Eine zu enge Deutung ist die des naiven „Realismus" (dieses Wort im Sinne des Universalienstreits verstanden). Die Erkenntnis der Zahl als Zahl ist einer der Punkte, an der wir unsere naive Meinung überwinden können, alles Erkennbare, alles, was „es gibt", müsse den Charakter eines Dings haben. Die Ansicht, es gebe „irgendwo" die „Zahl an sich", die „Drei selbst", die „Idee der Drei" (das Wort Idee nicht im ursprünglichen platonischen Sinn, den HEIDEGGER mit „Aussehen" wiederzugeben sucht, sondern in dem Sinn verstanden, gegen den seit ARISTOTELES polemisiert wird) — diese Ansicht ist ein Rückfall in jene naive Meinung auf nächsthöherer Stufe. Hier mag uns der Strukturbegriff helfen. Eine Struktur ist eine Struktur von etwas; ihr bloßer Begriff setzt also ein „Etwas", dessen Struktur sie ist, voraus.

Ebenso unzureichend ist der Nominalismus, der das Kind der Zahl mit dem Bade des Realismus ausschüttet. Fassen wir ihn in dem Sinne auf, daß der Allgemeinbegriff nur ein „flatus vocis", nur ein Name sei, so verwechseln wir, im Beispiel der Zahl geredet, die Ziffer „3", den Schall „drei" mit der Struktur, für welche die Ziffer und das Wort nur Zeichen sind. Sagen wir aber, die Ziffer und das Wort seien nur Zeichen für eine verschiedenen Gegenständen gemeinsame Eigenschaft, so haben wir nur eine andere Formulierung desselben Problems eingeführt. Wir fragen ja gerade, wieso es Eigenschaften geben kann, die verschiedenen Gegenständen gemeinsam sind und unabhängig von der besonderen Wahl des jeweiligen dinglichen Gegenstands erkannt werden können. Vorzeigen kann ich „Drei" freilich nur, indem ich drei Dinge vorzeige. Aber der Akt der Erkenntnis von „Drei" beginnt in dem Augenblick, in dem ich einsehe, daß es vollkommen gleichgültig ist, welche Gegenstände vorgezeigt werden, wenn es nur drei sind.

Es kann sein, daß das Wesen der Struktur „drei" über das bisher Gesagte hinaus einer Erläuterung weder fähig noch bedürftig ist. Auch die Begriffe „Apfel", „rot" oder „rechts" können durch Aufweis und täglichen Gebrauch zum aufleuchtenden oder unausdrücklichen Verständnis gebracht, aber nicht weiter „erklärt" werden. Wir haben eben eine Fähigkeit, Zahlen zu verstehen und anzuwenden, Strukturen als solche „wahrzunehmen", und wir können zunächst nicht mehr tun, als uns dieser Fähigkeit bewußt werden.

Was wir aber können, ist, den einmal erfaßten Begriff mit anderen sachgemäß verknüpfen. Hierbei entsteht neue Erkenntnis, welche alle benützten Begriffe erläutert, indem sie sie einordnet. Ja, wir gewinnen kaum je Klarheit über einen Begriff, ehe wir ihn eingeordnet haben. So können wir mathematisch die Kardinalzahl „drei" mit anderen Kardinalzahlen verknüpfen und als Glieder einer komplexeren Struktur, der Zahlenreihe, erkennen. Wir können nun auf dem Wege über das Zählen, also die Ordinalzahl, immer höhere Zahlen aufbauen und die Offenheit der Zahlenreihe, das einfachste Beispiel von „Unendlichkeit", erkennen. Nun erweist sich 3 als Zahl mit ganz bestimmten Eigenschaften, als ungerade, als Primzahl, als niedrigster Exponent, für den der große FERMATsche Satz gilt usw.

Wir erkennen die Drei so als Struktur unter Strukturen. Für die philosophische Frage, was all diese Strukturen denn seien, hat dann das Problem der Art ihrer Erkennbarkeit einen Schritt weitergeholfen, freilich einen Schritt ins Dickicht der schwierigsten Probleme. Strukturen sind erkennbar. Sie sind aber nicht das einzig Erkennbare. „Rot" ist in diesem Sinne keine Struktur. „Dieser Apfel" *hat* vielleicht allerhand Strukturen, aber er *ist* keine Struktur, er ist vielmehr ein Ding. Äpfel, Dinge überhaupt kenne ich durch meine Sinne, Farben auch. „Wodurch" kenne ich eigentlich Strukturen?

Wir Naturwissenschaftler werden alle zum bewußten oder unbewußten Empirismus erzogen. Wir meinen, wir könnten von der Welt nicht anders als durch sinnliche Erfahrung etwas wissen. Wenn „drei" eine mögliche Struktur von Dingen in der Welt sei, so müßten wir auch den Begriff drei der Sinneswelt verdanken. Wir haben etwa im Lauf unseres Lebens schon oft drei Gegenstände gesehen und daraus den Begriff Drei „abstrahiert".

„Komm!", „schau!", „greif zu!", sind leicht erfüllbare Forderungen. „Abstrahiere!" ist ein schwierigerer Befehl. Die Gegenfrage scheint erlaubt: „Wie macht man das?" Das Problem der Erkenntnis der Struktur, überhaupt des Allgemeinen scheint sich nun in das Problem unserer Fähigkeit zur Abstraktion versteckt zu haben.

Ehe wir diesem Problem inhaltlich weiter nachgehen, wollen wir eine empirisch gewonnene Selbsteinschränkung der empiristischen Grundthese nennen. Die Tierpsychologie hat die alte Unterscheidung von instinktiven, erlernten und einsichtigen Handlungen auf eine sehr breite empirische Basis gestellt. Die

Schwalbe kann ihr Nest bauen, nicht weil ihre individuelle Erfahrung sie gelehrt hätte, wie man das macht, sondern weil ihr dieses Können angeboren ist. „Angeboren" darf auch ein Können genannt werden, das sich erst während des Wachstums der Lebewesen entwickelt und erst bei gegebenem Anlaß hervortritt. Das Liebesspiel und die Brutpflege sind darum nicht weniger angeboren, weil sie erst nach der Geschlechtsreife einzusetzen pflegen. Die Frage, woher denn das angeborene Können stamme, beantwortet die Selektionstheorie hypothetisch und vielleicht unzureichend, aber sicher in einer Weise, die keine dem Naturwissenschaftler mißliebige „Metaphysik" heranzieht. Die Art hat in Jahrmillionen der Anpassung an ihre Umwelt dasjenige „Wissen" von der wirklichen Beschaffenheit der Welt erworben (z.B. es gibt die und die Gräser, aus denen man ein Nest bauen kann), über welches nunmehr das Individuum „vor aller Erfahrung" verfügt. Zum mindesten im animalischen Bereich also ist die Seele des Neugeborenen keine Tabula rasa. Und das „Wissen a priori" ist genau so gegenwärtig, wie es die einsichtigeren Aprioristen immer behauptet haben: nicht als explizite Behauptung, sondern als ein Können, als gleichsam potentielles Wissen, das erst durch die Begegnung mit der Erfahrung, für die es bestimmt ist, aktualisiert wird.

Konrad Lorenz [3] hat auf diese Zusammenhänge hingewiesen und Folgerungen für das menschliche Wissen a priori gezogen. Wir brauchen ihm nicht in die Einzelheiten seiner Überlegungen zu folgen, denn unser Ziel ist zugleich bescheidener und umfassender als seines. Die genetische Frage, wie es zu dem Wissen oder Können, um das es uns hier geht, gekommen sei, stellen wir nicht. Hingegen versuchen wir genauer zu bezeichnen, worin dieses Wissen eigentlich besteht und wodurch es sich von einem Wissen, das aus einzelner, individueller, sinnlicher Erfahrung gewonnen werden kann, unterscheidet. Man kann ja fragen: Gesetzt, die aprioristischen Philosophen hätten wenigstens teilweise recht gehabt, woher hatten sie dann ihre Erkenntnis von einem Wissen a priori? Haben sie empirische Psychologie getrieben? Ihre Psychologie war meist schwach. Aber sie fragten nach dem *Inhalt* jenes Wissens und sahen ein, daß ein solches Wissen seine Rechtfertigung nicht aus einzelnen oder summierten Sinnesempfindungen ziehen konnte. Hieraus schlossen sie auf eine andere Quelle dieses Wissens. Wir müssen dieser Fragestellung folgen. In den Ergebnissen werden wir aber mit dem philosophischen Apriorismus so wenig voll übereinstimmen können wie mit dem Empirismus.

Wir kennen die Zahl Drei besser als die Art, in der wir sie auf die Wirklichkeit anzuwenden haben. Ob zwei Füchse und ein Schakal, ob eine Füchsin mit zwei ungeborenen Jungen, ob eine von fern undeutlich gesehene Fuchsfamilie jeweils drei Füchse sind oder nicht, ob „Gallia omnis divisa est in partes tres", das sind Fragen, die nicht ohne weitere Verabredung oder Nachforschung beantwortet werden können. Bei dieser Verabredung oder Nachforschung steht eines aber fest: daß alle Beteiligten wissen, was sie mit „drei" meinen. Das Verständnis der Struktur „drei" ist Bedingung der Möglichkeit der Frage, ob dies drei Füchse sind oder nicht.

Das Verständnis der Zahl reicht auch weiter als die Gesamtheit aller Erfahrungen, auf die ich den Zahlbegriff bisher angewandt habe. Ich erwarte mit voller Sicherheit, daß $2+1=3$ sein wird, welche Gegenstände ich auch immer zählen werde. Auch für Gegenstände, die ich nie zählen werde, und die überhaupt nie jemand zählen wird, erwarte ich, wenn sie überhaupt eindeutig unterscheidbar sind, daß einer von ihnen, zu zweien von ihnen hinzugefügt, drei von ihnen ergeben wird. Und von dieser weiteren Erstreckung des Geltungsbereichs meiner Erkenntnis brauche ich mich nicht durch besondere Nachprüfungen zu überzeugen. Die Allgemeingültigkeit eines Satzes wie „$2+1=3$" ist nicht eine zu dem Satz hinzukommende Behauptung, sondern sie ist ein Teil seines Sinnes. Der Satz wird schlicht und unreflektiert stets als ein allgemeingültiger Satz verstanden. Schon, daß ich mit den reinen Strukturen „2", „1", „+", „=", „3" operiere, ohne auf einen bestimmten Gegenstandsbereich Bezug zu nehmen, involviert, daß ich die Geltung des Satzes für alle Gegenstände meine, die solche Strukturen zeigen können. Indem ich sage: „ich kann Strukturen wahrnehmen", sage ich mit: „ich kann allgemeine Wahrheiten erkennen"; denn eine Struktur ist ein allgemeiner Sachverhalt.

Indem wir annehmen, daß es wiedererkennbare Strukturen gibt, haben wir also schon anerkannt, daß es „Allgemeines" gibt und daß wir es erkennen können. Die empiristische Erkenntnislehre ist damit in den Grundlagen erschüttert; denn dies heißt, daß ich Sachverhalte wissen kann, die ich nie gesehen habe. Gelegentlich wird der Ausweg versucht, die Allgemeinheit dieser Sätze sei nur scheinbar, denn sie seien ja nur konditional zu verstehen: „wenn es zählbare Gegenstände gibt, so ist $2+1=3$"; ob aber Gegenstände, die ich nie gesehen habe, zählbar sind, könne ich nicht wissen. Nun wird aber wenigstens für den Konditionalzusammenhang die Allgemeingültigkeit zugegeben; das Problem wäre also jedenfalls nur um einen Schritt verschoben, ohne seinen Charakter verändert zu haben. Auch wer alle allgemeingültigen Sätze für analytisch oder „tautologisch" hält, gibt damit zu, daß es für ihn Allgemeingültigkeit gibt. Außerdem beruht aber die Physik, ja jede Erfahrung von der Natur darauf, daß die Kondition des Konditionalsatzes erfüllt zu sein pflegt. Naturgesetze sind nur interessant, weil sie Prophezeiungen gestatten. Der Begriff des Naturgesetzes enthält seine Geltung für Fälle, die zur Zeit seiner Aufstellung unbekannt waren, z.B. für alle zukünftigen Fälle. Die auf der Naturwissenschaft beruhende Technik beweist den Erfolg unseres Glaubens an Naturgesetze. Die Konstanz der physischen Dinge beruht auf der fortdauernden Geltung der Naturgesetze. Die Möglichkeit der Begriffsbildung beruht gerade nach empiristischer Lehre auf der Konstanz der Dinge. Empirische Erkenntnis kann ohne Begriffe nicht ausgesprochen werden. Die allgemeinen Sachverhalte, die wir in einer Strukturerkenntnis erkennen, sind also Bedingungen der Möglichkeit empirischer Wissenschaft.

Daß sich der Empirismus immer wieder durchgesetzt hat, obwohl alles soeben Gesagte im Prinzip seit Platon bekannt ist, war nur möglich, weil auch der Apriorismus einen fundamentalen Fehler gemacht hat. Er verwechselte unsere Fähigkeit, Strukturen wahrzunehmen, mit dem Besitz absoluter Gewißheit. Es ist leicht zu begreifen, wie es zu dieser Verwechslung kam. Strukturerkenntnis ist ihrem Sinn nach

allgemein, überschreitet also die einzelne Erfahrung, an Hand deren sie uns aufgegangen sein mag. Also kann sie logisch nicht aus dieser einzelnen Erfahrung abgeleitet werden und ebensowenig aus einer Summation solcher Einzelerfahrungen. Es scheint nur übrigzubleiben, daß wir sie „schon vorher", „a priori" kennen und daß sie damit auch an der Ungewißheit der Erfahrungserkenntnis keinen Anteil hat.

In Wirklichkeit ist damit eine der schwierigsten Fragen angeschnitten, die zu entwirren wir hier nicht versuchen dürfen. Es sei nur auf einige Punkte hingewiesen. Die Gegenüberstellung Erfahrungserkenntnis—Erkenntnis des Allgemeinen ist ungenau. Einerseits setzt jede wissenschaftlich verwertbare, ja jede aussprechbare Erfahrung schon Begriffe, also stillschweigende Verwendung von Allgemeinem voraus. Andererseits sollte auch unsere Erkenntnis von Strukturen vielleicht als eine Erfahrung, nur nicht als eine Erfahrung vom Typ der Sinnesempfindung, bezeichnet werden. Sie unterliegt den Möglichkeiten des Irrtums, der Verdeutlichung, der Entwicklung. Die Rede von der Erkenntnis „reiner" Strukturen ist eine theoretische Idealisierung, bezeichnet einen Grenzfall. Wir kennen Strukturen als Strukturen von etwas; im paradigmatischen Einzelfalle leuchtet die Struktur auf. Naturgesetze können zwar nie in der Allgemeinheit, in der sie gelten, empirisch verifiziert werden; aber wir entwerfen sie als Hypothesen, die sehr wohl der empirischen Falsifizierung offenstehen [*4*].

Historisch sind diese Fragen ins Rollen gekommen durch die Entdeckung, daß angebliche „Erkenntnisse a priori" falsch sein und empirisch widerlegt werden können. Der wichtigste Schritt geschah innerhalb der Mathematik: die Entdeckung der Möglichkeit nichteuklidischer Geometrie. Die absolute Gewißheit der Mathematik konnte allerdings durch die formale Auffassung gerettet werden. Nach der älteren Ansicht waren die Axiome selbst Erkenntnisse a priori und daher die ganze aus ihnen logisch gefolgerte Geometrie a priori gewiß. Nach der formalen Auffassung sind die Axiome überhaupt keine Erkenntnisse, ja wir brauchen mit ihnen gar keine inhaltlichen Vorstellungen zu verbinden. Die Geometrie ist dann ein System von konditionalen Erkenntnissen: wenn es irgendwo eine Struktur gibt, die durch die Axiome richtig beschrieben wird, dann treffen für diese Struktur auch alle Folgesätze zu. Wir geben das zu, wollen aber mehr wissen. Wir glauben, daß eine Mathematik, die nur formal fragt, sich von dem fruchtbaren Boden, auf dem sie gewachsen ist, entfernt, und daß sie spätestens in dem Augenblick, in dem gefragt werden muß, was denn der Begriff „formal" selbst bedeute, doch genötigt ist, zum inhaltlichen Denken zurückzukehren. Wir fragen also ausdrücklich nach dem Etwas, dessen formale Struktur die Mathematik untersucht.

3. Kontinuum und Möglichkeit.

Die Kritik am Apriorismus hat im Bereich der Mathematik die Vorstellungen vom Kontinuum betroffen, die natürlichen Zahlen aber faktisch unberührt gelassen. BROUWERs Intuitionismus und HILBERTs finiter Standpunkt setzen die Zahlen, mit denen man zählen kann, als ein Gegebenes voraus. Und auch der formalistische Logistiker numeriert seine Formeln, gibt also wenigstens ein praktisches Apriori der Zahlen zu. Wir wollen diesem Verfahren folgen und die natürlichen Zahlen als ein brauchbares, verständliches Gerät unseres Denkens voraussetzen.

Warum brauchen wir überhaupt außerdem die Kontinuumsvorstellung? Weil die natürlichen Zahlen zwar uns selbst natürlich sind, aber auf die Wirklichkeit, in der wir leben, auf die „Natur", nur unvollkommen passen. „Gallia est divisa in partes tres", ist ein anthropomorpher, ein Generals-Standpunkt. Wir können Gallien in drei Teile einteilen. Aber wir können es auch ungeteilt betrachten, oder in 90 Departments, in 550000 qkm, in die Besitztümer von 40 Millionen Menschen einteilen usw. Am Boden Galliens hätte uns der Begriff der Anzahl schwerlich aufleuchten können.

Allerdings gibt es Bereiche der Wirklichkeit, die sich dem Zählen leichter darbieten, und in denen wir daher den Begriff des Individuums, diese Übersetzung des griechischen Worts Atom, anwenden. Einer dieser Bereiche sind die höheren Stufen des organischen Lebens. Drei Füchse sind im allgemeinen eindeutig von zwei oder vier Füchsen unterschieden. Freilich sind sie nur drei, insofern sie Füchse sind. Als Fuchsfamilie betrachtet, sind sie vielleicht nur eine; als Gesamtheiten von Zellen oder chemischen Atomen mögen sie 10^{10} oder 10^{28} sein. Das Unteilbare am Individuum Fuchs ist also nicht sein Leib, sondern seine Struktur, kraft deren er „ein Fuchs" ist. Bin ich bereit, auf diese Struktur zu verzichten, so kann ich ihn teilen.

Die Hoffnung, Unteilbares und darum prinzipiell eindeutig Zählbares in materieller Gestalt aufzuweisen, hat zur Atomvorstellung geführt. Die Entwicklung der Atomphysik hat gerade diese Hoffnung nicht bestätigt. Aus wievielen Lichtquanten „besteht" das elektromagnetische Feld, das ein chemisches Atom zusammenhält? Aus unendlich vielen virtuellen (longitudinalen) Quanten. Die Rechtfertigung der Anwendung des Zahlbegriffs liegt hier nicht mehr in einer an sich bestehenden Zählbarkeit von Individuen, sondern in den algebraischen Eigenschaften der abstrakten Strukturen, durch die wir die elementaren Felder beschreiben.

Wie können wir diese Betrachtungen in eine kurze, abstrakte Formel zusammenfassen? Weil die Wirklichkeit zusammenhängend (con-tinens) ist, kann ich den Begriff der Zahl nicht ohne Willkür auf sie anwenden. Andererseits ist der Zahlbegriff darum nicht unanwendbar; ich *kann* ihn anwenden, aber in mehrdeutiger Weise. Die *Kontinuität* des *Wirklichen* äußert sich für uns als *Möglichkeit* des Einteilens. Versuchsweise stellen wir diese drei Begriffe: Wirklichkeit — Kontinuität — Möglichkeit als zusammengehörig den drei anderen zusammengehörigen Begriffen: Begrifflichkeit — Zahl — Aktualität gegenüber.

Die Bedeutung des Begriffs der Möglichkeit hervorzuheben, ist das hauptsächliche Ziel des vorliegenden Aufsatzes. Der Begriff wird in vielerlei Bedeutungen gebraucht, und wir müssen versuchen, die Bedeutung, die wir hier meinen, herauszuarbeiten. Dies wird nur eine Vorarbeit für eine eigentliche philosophische Erörterung des Begriffes sein.

Als negativen Hinweis auf das Gesuchte stellen wir an die Spitze eine Frage, die sich uns aus unserer Denktradition heraus aufdrängt, die wir aber abweisen wollen: Ist dieser Begriff der Möglichkeit subjektiv

oder objektiv gemeint? Handelt es sich um Möglichkeit für mich oder um eine Möglichkeit in den Objekten? Vielleicht hätten wir den gesuchten Möglichkeitsbegriff verstanden, wenn wir klar sagen könnten, warum diese Frage falsch gestellt ist.

In welchem Sinne kann man von möglichen Ereignissen reden? Vergangene Ereignisse sind geschehen, sie sind Fakten. Sie zu ändern, gilt uns als unmöglich. Zukünftige Ereignisse aber „sind" eigentlich nicht. Wir sagen „noch nicht". Das heißt, wir erwarten mit Bestimmtheit, *daß* etwas auch weiterhin geschehen wird. *Was* geschehen wird, wissen wir freilich nicht. Aber wir wissen nicht gar nichts darüber. Unser gesamtes praktisches Leben beruht auf gegründeten Erwartungen über die Zukunft. Dies ist möglich, jenes ist möglich — verschiedene könnte geschehen, und etwas davon wird geschehen; verschiedenes könnte ich tun, und zu etwas werde ich mich entschließen. Wir konzipieren zukünftige Ereignisse in der Seinsweise der Möglichkeit.

Unser übliches Denken, das sich selbst naiv als das einzig rationale Denken ansieht — das Denken, das die natürliche Zahl benutzt und die Naturwissenschaft hervorgebracht hat, das sich in der klassischen Physik und der klassischen Ontologie niedergeschlagen hat — dieses Denken versucht, den Begriff der Möglichkeit instinktiv zu eliminieren. Es wünscht alles Geschehende nach dem Bilde des Faktums zu denken und betrachtet die Möglichkeitsform des zukünftigen Geschehens nur als eine Folge unseres Nichtwissens. Das Naturgesetz ist dann ein Mittel, das Nichtwissen in bezug auf die Zukunft aufzuheben; der Laplacesche Dämon gilt als Ideal eines Wissenden.

Wir versuchen nicht, dieses Problem in der Ebene der Metaphysik zu lösen. Wir glauben vielmehr, daß die metaphysischen Lösungen, wie z. B. der Determinismus oder seine Negativkopie, der prinzipielle Indeterminismus, voreilig über das, was wir wirklich wissen, uns meistens aber nicht klarmachen, zu etwas vorstoßen wollen, was wir nicht wissen und was es vielleicht gar nicht gibt. Wir beschränken uns auf einen Ansatz einer Phänomenologie des Möglichkeitsbegriffs. Wir unterscheiden also zunächst die Tatsache, daß wir Vergangenes anders denken als Zukünftiges, von allen Theorien, die in dieser Tatsache entweder eine „objektive Wahrheit" oder ein „bloß subjektives Phänomen" sehen. Die so erweckte phänomenologische Aufmerksamkeit wird uns dann sehen lehren, daß unser ganzes Denken vom Begriff der Möglichkeit durchzogen ist. Es ist schwer zu sehen, wie wir ohne ihn überhaupt denken könnten. Freilich erweist er sich als so vielgestaltig wie der Begriff des Seins. *Τὸ δύνατον λέγεται πολλαχῶς.* Durch dieses weite, unbeackerte Feld suchen wir uns Fußwege zu bahnen, die den Begriff des Kontinuums in einer vorläufigen Weise mit anderen Möglichkeitsbegriffen verbinden.

Wir bleiben zunächst bei dem zeitlichen Begriff der Möglichkeit, den wir durch den Hinweis auf die Zukunft erläutert haben. Daß er für das Verständnis der Unumkehrbarkeit des physikalischen Geschehens (statistische Deutung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik) notwendig ist, ist an anderer Stelle diskutiert worden [*5*]. Er scheint aber zu eng zu sein, wenn wir bedenken, daß wir auch auf vergangene Ereignisse die Kategorie der Möglichkeit anwenden. „Es ist möglich, daß dieser Brief schon gestern angekommen ist," „es ist möglich, daß Amerika früher mit Europa und Afrika einen Kontinent gebildet hat". Dieses „möglich" bezieht sich offenbar nicht auf die Faktizität des vergangenen Geschehens, sondern auf mein Wissen. Ich zweifle nicht, daß der Brief entweder gestern angekommen ist oder nicht, und wenigstens prinzipiell könnte in „meiner" Zukunft das „möglich" durch „gewiß" ersetzt werden, nämlich falls ich später einmal mehr über die Sache wissen sollte. Argumentiere ich aber, bei ungenügendem Wissen, mit Indizien oder Notwendigkeiten, so stelle ich dabei das vergangene Geschehen unwillkürlich in statu nascendi, als ein noch mögliches dar. Das heißt die formale Struktur des „Geschehens", in der ständig aus „Möglichkeiten" „Fakten" werden, wende ich auch auf die Vergangenheit an, die ja einmal Zukunft war. „Die Post hatte den Brief schon, sie *konnte* ihn abliefern." „Naturgesetzlich ist eine Kontinentialverschiebung möglich." Wer hat nicht schon gesagt: „O hätte ich doch...!" Die statistische Ableitung des zweiten Hauptsatzes für die Vergangenheit gelingt nur vermittelst dieser Struktur.

In der Ebene der strukturellen Allgemeinheit entspricht dieser formalen Verwendung der Möglichkeitskategorie der Begriff der logischen Möglichkeit. Es scheint, daß ein hinreichend weit gefaßter Begriff der Möglichkeit selbst eine Bedingung der Möglichkeit von so etwas wie Logik ist. Logik setzt die Unterscheidung des Richtigen vom Falschen voraus. Wenn Sätze nicht falsch sein *könnten*, würde man nie einige Sätze als richtig auszeichnen. Die logische Figur der Negation wäre ohne dies nie erfunden worden. Die Logik setzt die *Möglichkeit* des Irrtums voraus. Ich sage „Göttingen ist eine Stadt", weil es ja auch sein könnte, daß Göttingen in Wirklichkeit ein Dorf ist. Wenn ich sage „2 mal 2 ist 4", so halte ich freilich das Gegenteil für unmöglich. Wahrheiten, die aus der bloßen Struktur des Gegenstandes folgen, die also Aussagen über Strukturen sind, können so eingesehen werden, wie wir Strukturen wahrnehmen; sie werden ihrem Sinne nach als allgemeine und notwendige Wahrheiten gedacht. Aber an dieser Stelle ist der Begriff der Möglichkeit nicht ausgeschaltet, sondern nur anders verwendet. Der Begriff der Notwendigkeit gehört selbst in den Bereich der „Möglichkeitsbegriffe", nämlich durch die Negation; man pflegt in der Logik das Notwendige als das zu bezeichnen, dessen Gegenteil nicht möglich ist, und umgekehrt das Mögliche als das, dessen Gegenteil nicht notwendig ist.

Es ist uns im vorigen Abschnitt nicht gelungen, den Begriff des Allgemeinen durchzuklären. In der Frage der Beziehung des Allgemeinen zum Besonderen, speziell der Strukturerkenntnis zur Erfahrung, sind wir in ein Dickicht geraten. Wer dieses Dickicht kennengelernt hat, wird auch an die Begriffe der logischen Möglichkeit und Notwendigkeit mit Reserve herantreten; die Frage liegt ihm zu nahe, woher wir denn wissen, wann ein Sachverhalt möglich oder notwendig ist. Andererseits werden wir nicht nach positivistischem Rezept solche Begriffe, die früheren Generationen klarer erschienen als uns, schon deshalb als sinnlos fallen lassen dürfen; das hieße den Wecker abstellen statt aufzuwachen. Es könnte umgekehrt sein, daß eine umfassendere Anwendung des Möglichkeitsbegriffs auch auf das Problem des Allgemeinen neues Licht werfen würde.

Wir pflegen Naturgesetze konditional zu formulieren. „Wenn auf einen Körper keine Kräfte wirken, so bewegt er sich geradlinig gleichförmig." Jeder Konditionalsatz bedient sich des formalen Möglichkeitsbegriffs. Ob auf diesen Körper keine Kräfte wirken, hängt von zusätzlichen Bedingungen, vielleicht von meinem Willen ab. Nur wenn es Fälle gibt, in denen die Erfüllung der Bedingung möglich, aber nicht gewiß ist, hat das Aussprechen eines Konditionalsatzes einen Sinn. Naturgesetze drücken also mögliche Strukturen des Geschehens aus. Strukturen, die unabhängig vom Einzelfall, dessen Struktur sie sind, erkannt werden können — also Strukturen, die in ihrer Eigenschaft als Struktur erkannt werden können — sind essentiell „mögliche Strukturen". Die allgemeine Aussage involviert die Einzelfälle als Möglichkeiten. Insofern kann man sagen, Allgemeines oder Strukturen erkennen heiße, Möglichkeiten erkennen. Wir können den Satz auch umkehren. Daß wir über die Zukunft überhaupt etwas und nicht bloß die absolute Ungewißheit aussagen können, rührt daher, daß wir strukturell denken, daß wir Gesetze erkennen und Begriffe zuversichtlich auch auf noch nicht eingetretene Fälle anwenden können. Die Tatsache, daß wir gewisse zukünftige Ereignisse positiv als möglich, ja als wahrscheinlich bezeichnen können, beruht also auf der Erkennbarkeit von Allgemeinem. Soweit wir die Zukunft kennen und denken, kennen und denken wir sie strukturell.

Von diesem Punkt der Betrachtung aus müßte der Weg zu einem vollen und zureichenden Begriff des Kontinuums über eine Erörterung der Unausschöpfbarkeit des Wirklichen durch einzelne Strukturerkenntnisse führen. Schon unter dem eingeschränkten Aspekt der Teilbarkeit ist das Kontinuum charakterisiert nicht durch eine einzelne Möglichkeit, sondern durch eine unabzählbare Fülle von Möglichkeiten. Erscheint die Zahl als Repräsentant der einzeln angebbaren Struktur, so kann das Kontinuum als die Erscheinungsweise des durch keine derartige Struktur Erschöpfbaren gelten.

Wir wollen aber in die heutige Mathematik zurücklenken und wenden uns unmittelbar dem geometrischen Kontinuum zu.

4. *Geometrie und Unendlichkeit.*

Der heutige Begriff des geometrischen Kontinuums, in seiner einfachsten Gestalt, etwa als Strecke, uns allen geläufig, ist schon das Ergebnis einer weitgehenden Abstraktion, in der viele strukturelle Einsichten verarbeitet sind. Wenn nach EUKLID Körper von Flächen, Flächen von Kurven, Kurven von Punkten begrenzt sind und der Punkt das ist, was keine Teile hat, so ist zunächst allem geometrisch Ausgedehnten die Teilbarkeit zugeschrieben und ferner, in der Erkenntnis der „Dreidimensionalität" der Körperwelt, die Analyse der „Ausgedehntheit" auf das einfachste Ausgedehnte, die eindimensionale Strecke hingewiesen. Dann beginnt bereits der Versuch der Reduktion des Kontinuums auf die Zahl, durch den Begriff des Messens. Noch heute kann uns das Wort „Irrationalzahl" an den vielleicht schwersten Stoß erinnern, den der Optimismus des rationalen Denkens in seinem eigenen Bereich je erfahren hat: die Entdeckung, daß Diagonale und Seite eines Quadrats kein gemeinsames Maß haben, daß also das geometrische Kontinuum der Herrschaft der Zahl nicht unmittelbar unterworfen werden kann. Wer, in den Traditionen der klassischen Physik aufgewachsen, EINSTEINs Kritik der Gleichzeitigkeit oder HEISENBERGs Unbestimmtheitsrelation kennenlernen mußte, kann sich vielleicht eine Ahnung verschaffen von dem Schock, der jene Pythagoräer traf.

Abstraktere Strukturen, die den Bereich der natürlichen Zahl transzendieren, wie der Ordnungsbegriff der eudoxischen Proportionenlehre, der Grenzbegriff und schließlich der Begriff der Punktmenge, ermöglichten dennoch eine rationale Beschreibung des Kontinuums. Zugleich wurde das geometrische Kontinuum über den vermittelnden Begriff des Messens zum Modell zahlreicher anderer Kontinua. Temperaturmessung mit einem Thermometer, Zeitmessung mit einer Uhr sind praktisch Messungen eindimensionaler räumlicher Kontinua: einer Länge, eines Winkels. Weil und soweit dies möglich ist, kann man von „dem" Kontinuum schlechthin reden als einer allgemeineren Struktur, für die das geometrische Kontinuum dann nur noch der paradigmatische Einzelfall ist.

Diese Subsumtion anderer Kontinua, zumal der Zeit, unter einen am Raum gebildeten Begriff ist in der Philosophie unserer Tage seit BERGSON viel getadelt worden. Der Tadel betrifft zurecht die Vorstellung, als sei z. B. die Struktur der Zeit durch die Abbildung auf ein eindimensionales räumliches Kontinuum zureichend erkannt. Unsere Erörterung über Vergangenheit und Zukunft zeigt, wie falsch diese Vorstellung wäre. Andererseits darf nicht vergessen werden, daß man die Zeit immerhin mit der Uhr messen *kann*; die Zeit hat nicht *nur* diese Struktur, aber sie hat *auch* diese Struktur. Raum und Zeit zeigen, mathematisch gesprochen, eine Homomorphie, welche wesentliche Züge der beiderseitigen Strukturen nicht umfaßt, aber doch einen gewissen strukturellen Bestand als beiden gemeinsam erweist, nämlich eben die lineare Meßbarkeit. Es kann sein, daß die Grenzen der Meßbarkeit, die wir im folgenden besprechen wollen, für Raum und Zeit wieder verschieden aussehen werden. Es kann aber auch sein, daß die sog. „Verräumlichung der Zeit" in Wirklichkeit die Abbildung der Zeit auf ein inadäquates Modell des Raumes war, d.h. daß man in bezug auf Raum und Zeit denselben Fehler gemacht hat, indem man das Kontinuum einseitig vom Zahlbegriff her verstand. Wir haben daher jetzt den Begriff des Kontinuums in seiner mathematischen Fassung zu prüfen. Wir betrachten ihn im Modell der Strecke.

Eine geradlinige Strecke ist für meine Anschauung ein einfaches Ganzes, das „mit einem Blick" erfaßt werden kann. Die Mathematik hat uns erzogen, es für fast selbstverständlich zu halten, daß die Strecke auf unendlich viele Weisen unterteilt werden kann. Unsere Überzeugung von der Unausschöpfbarkeit des Wirklichen findet vielleicht in dieser angenommenen unendlichen Anzahl von Unterteilungsmöglichkeiten des einfachsten Kontinuums einen sprechenden Ausdruck. Aber wir haben viel zu sehr verlernt, uns zu wundern. Unterstellen wir, daß man die Strecke wirklich auf unendliche viele Weisen unterteilen kann: woher wissen wir, daß es so ist?

Probiert haben wir es nicht. Jeder von uns hat in seinem Leben nur endlich oft ein Kontinuum geteilt. Diese Möglichkeitsaussage transzendiert also jede mögliche empirische Bestätigung. Sie steht damit freilich

in einer Linie mit jeder naturgesetzlichen Behauptung. Sie ist also eine echte Strukturaussage und nur als solche zu verstehen. Sie behauptet ein Gesetz, eine allgemeine Aussage, aus der dann unendlich viele Sonderaussagen abgeleitet werden können.

Woher aber kennen wir dieses Gesetz?

Die nächstliegende Antwort ist, aus der Anschauung. Diese Antwort ist falsch. Sicher kann mich nicht die sinnliche Anschauung mit meinen physischen Augen belehrt haben. Nach endlich vielen Teilungsschritten sind die Teile so klein, daß ich sie nicht mehr sehen kann. Auch die anschauliche Vorstellung trägt nicht weit genug. Ich kann mir nicht unendlich viele Teilungen tatsächlich vollzogen optisch vorstellen. Ich kann das Gesetz *denken*, nach dem die Teilungen vollzogen werden, z. B. fortgesetzte Halbierung der jeweils rechten Hälfte. Mit diesem Gedanken operierte schon Zenon bei seinen Paradoxien. Aber diesem Gedanken korrespondiert keine Anschauung adäquat. Eine Schein-Anschauung gewinne ich, indem ich mir (eventuell ohne es mir selbst klarzumachen) die zu klein gewordenen Teile vergrößert denke und sie dann gleichsam unter der Lupe weiterteile. Aber damit ist stillschweigend eine Hypothese eingeführt: daß man nämlich die Strecke ohne sonstige Strukturänderung vergrößern könne oder, was auf dasselbe hinausläuft, daß man in beliebig kleinen Dimensionen denselben Teilungsakt vornehmen könne wie im großen. Man hat in bezug auf das Teilungsproblem eine Ähnlichkeitshypothese eingeführt. Diese Annahme mag naheliegend sein; sie ist so wenig selbstverständlich wie die weitergehende Annahme der Existenz ähnlicher Figuren, die bekanntlich nichteuklidische Geometrien ausschließt.

Geben wir die Hypothese einmal zu, so haben wir nach ihrem genauen Sinn zu fragen. Sie statuiert eine Unendlichkeit möglicher Teilungen. Ist der Begriff der Unendlichkeit hinreichend klar? In der Geschichte der Mathematik haben zwei Auffassungen vom Unendlichen einander bekämpft, die potentiale und die aktuale. Wir rufen sie uns am einfachsten Beispiel, der Zahlenreihe, ins Gedächtnis. Die aktuale Auffassung, die in der Mengenlehre Cantors zum Sieg gekommen ist, sagt: „Es gibt unendlich viele natürliche Zahlen." Man kann dann auch den Begriff der Menge aller natürlichen Zahlen bilden, und diese Menge hat die Kardinalzahl „abzählbar-unendlich". Die potentiale Auffassung gibt nur das Gesetz einer Möglichkeit an: „Zu jeder gegebenen natürlichen Zahl kann ich eine noch größere nennen, z. B. zur Zahl n die Zahl $n+1$." In dieser Auffassung redet man nur von endlichen Mengen natürlicher Zahlen und stellt fest, daß es unter diesen keine größte gibt. Von diesen Mengen selbst wird man konsequenterweise nicht sagen, es gebe sie, sondern man könne sie konstruieren. Aufs Kontinuum angewandt stellt die aktuale Auffassung die Gesamtheit der möglichen Teilungspunkte unserer Strecke als eine aktual unendliche (nicht mehr abzählbare) Punktmenge dar, während die potentiale Auffassung sagen wird, zu jeder angegebenen Gesamtheit von möglichen Teilungen der Strecke könne man noch weitere mögliche Teilungen angeben.

Der Unterschied der beiden Auffassungen ist nur von Interesse, wenn aus ihnen unterscheidbare Folgerungen gezogen werden können; andernfalls wären sie nur verschiedene Redeweisen. Ein Unterschied tritt nun in der Tat gerade für das Kontinuumproblem auf. Führt man die potentiale Auffassung so konsequent durch, wie es z. B. Brouwer getan hat, d. h. läßt man Existenzaussagen nur zu, wenn sie angeben, wie das Gebilde, dessen Existenz behauptet wird, in endlich vielen Schritten konstruiert werden kann, so läßt sich z. B. der in der aktualen Auffassung auftretende Unterschied zwischen abzählbaren und überabzählbaren Mengen nicht mehr ausdrücken. Es ist, soweit dem Verfasser bekannt ist, nicht gelungen, auf dieser Basis die klassische Analysis zu reproduzieren.

Unsere bisherigen Überlegungen nötigen uns noch nicht, in diesem Streit Stellung zu nehmen. Zwar werden wir die potentiale Ausdrucksweise als die „eigentlichere" dort vorziehen, wo es uns um ein Herausarbeiten der Möglichkeitsbegriffe geht. Wir werden nicht annehmen, daß auf einer Strecke „wirklich unendlich viele aktuell existierende Punkte nebeneinander liegen". Hingegen haben wir keinen Anlaß, die Beschränkung der Mathematik auf solche Gebilde zu fordern, die in endlich vielen Schritten konstruiert werden können. Diese Forderung ist konsequent, wenn man eine a priori gewisse Mathematik verlangt und, mit Brouwer und vielleicht mit Recht, zwar das Zählen, aber weder das Kontinuum noch den allgemeinen Mengenbegriff zu unserer apriorischen Ausstattung rechnet. Anders ist es, wenn man in der Mathematik die Hypothese zuläßt, d. h. die Mathematik als Untersuchung „möglicher Strukturen" ansieht. Wir wollen uns zwar nicht davon dispensieren, auch zu fragen, in welchem Sinne die untersuchten Strukturen „möglich" seien, Strukturen „wovon" sie z. B. sein könnten; aber wir wollen die Freiheit des Fragens nach solchen Strukturen nicht vorweg durch das Prinzip der absoluten Gewißheit einschränken.

Es ist unter diesem Aspekt interessant, die Entwicklung der rein mathematischen Grundlagendiskussion im letzten halben Jahrhundert zu verfolgen. Die intuitionistische Selbstbeschränkung wurde ernst genommen erst nach dem Zusammenbruch der naiven Mengenlehre durch die Entdeckung der Paradoxien. Hilbert lehnte jedoch diesen Rückzug ab mit dem Argument, der Mathematiker werde sich aus dem Paradies der Analysis nicht vertreiben lassen. Er führte die zum Aufbau der Analysis notwendigen nicht konstruktiven Existenzaussagen ausdrücklich zu diesem Zwecke hypothetisch ein. Gegenüber der naiven Auffassung bestand nun aber die Freiheit der Wahl zwischen verschiedenen Ansätzen. War Mathematik bloß ein formales Spiel? Drei Gesichtspunkte schränkten die Freiheit ein oder steuerten sie. Das „Paradies", die mathematische Schönheit der Theorien, war wohl für den schöpferischen Mathematiker am wichtigsten. Eine zweite Forderung war der nun nötige ausdrückliche Beweis der Unmöglichkeit, innerhalb der Theorie einen Widerspruch zu konstruieren. Diese Beweise erwiesen sich de facto als sehr schwierig. Trotz der in diesem Sinne ungesicherten Fundamente wurde an der Mathematik weiter gebaut. Dies wurde schließlich auch noch mit dem dritten, historisch wohlfundierten Argument verteidigt, die Physik brauche ja die Analysis.

Wir finden in diesen drei Gesichtspunkten drei Wesenselemente der Mathematik wieder. Die Forderung nach Widerspruchsfreiheit ist der nach Abstreifung des Apriorismus verbleibende berechtigte Kern

des Verlangens nach Beweisbarkeit. In ihr drückt sich die Beziehung der Mathematik zur Logik aus. Im Begriff der „Schönheit" verbirgt sich wohl das uns noch immer geheimnisvolle Wesen des eigentlich Mathematischen. Im Reich der Strukturen gibt es eine Ordnung, und Mathematik heißt, im Bereich dieser Ordnung nicht willkürliche Konstruktionen, sondern Entdeckungen machen. Die Berufung auf die Physik schließlich erinnert daran, daß die mathematischen Strukturen „Strukturen von etwas" sind oder sein können. Durch die aus methodischen Forderungen wie derjenigen der Denkökonomie so wenig wie durch einen Apriorismus erklärbare Tatsache, daß die bestbewährten Gesetze der Natur mathematisch einfach oder „schön" sind, werden die beiden Entdeckungsbereiche, der der „reinen Strukturen" und der der „Wirklichkeit", miteinander verknüpft.

Wenn wir diese Verknüpfung ernst nehmen, so müssen wir aber von der Physik auch Hinweise auf eine eventuelle Einschränkung der Annahme unbegrenzter Teilbarkeit erhalten können.

5. *Physik und Wahrscheinlichkeit.*

Die Analysis ist zwar unter dem Einfluß physikalischer Fragen entstanden. Aber man kann fragen, ob die Physik die Theorie der Punktmengen braucht. Daß die Physik sie nicht durch direkte Messungen je bestätigen kann, ist klar. In diesem Sinne hat z. B. FELIX KLEIN die in der Physik verwendete „Approximationsmathematik" von der „Präzisionsmathematik" unterschieden. Es ist aber sicher nicht angemessen, aus einer solchen Überlegung heraus nach einer Formulierung der Naturgesetze zu suchen, welche die über das Meßbare hinausgehende Präzision vermeidet. Mathematische Einfachheit und Präzision gehen Hand in Hand, und alle theoretischen Physiker glauben an die Einfachheit der Naturgesetze. Eine „natürliche Geometrie", welche mit Streifen statt Linien, Bereichen statt Punkten operiert, ist komplizierter als die übliche Geometrie.

Doch bleibt die Möglichkeit offen, daß hinter der bekannten, nur unscharf bestätigten Geometrie in Wirklichkeit eine andere Präzisionsmathematik steht als die von uns vermutete. Hinter der ungefähr euklidischen Geometrie der empirischen Welt vermutete man früher eine streng euklidische Geometrie, seit EINSTEIN aber eine RIEMANNsche Geometrie. Nur scheinbar ist EINSTEINs Annahme ein Schritt zu größerer Komplikation. Da seine Theorie im Gegensatz zur euklidischen nicht reine Geometrie ist, sondern Mechanik und Gravitationstheorie einschließt, ist sie reicher an Inhalt. Vergleicht man sie mit dem gleich reichen Komplex, der aus der euklidischen Geometrie und der NEWTONschen Mechanik und Gravitationstheorie zusammengesetzt ist, so ist sie auch einfacher im Sinn größerer innerer Einheit.

Analoges könnte nun für die Geometrie im kleinen gelten. Ein vorläufiges Beispiel für mögliche Grenzen gewisser infinitesimaler Begriffsbildungen kann schon die Hydrodynamik bieten. In ihr muß das Differential der Koordinaten groß bleiben gegen den Abstand zweier Atome; wenn oder soweit beim „Grenzübergang" bis zu dieser Größe hinunter noch keine Unabhängigkeit des Differentialquotienten von der Größe des Differentials erreicht ist, so oder soweit ist die hydrodynamische Näherung unanwendbar. Aber dies ist keine Grenze der Analysis selbst. Wir beschreiben die Atome durch Wellenfunktionen, deren Argumente und Funktionswerte im Sinne der heutigen Analysis kontinuierlich variabel sind. Es gibt jedoch Gründe, an der Korrektheit eben dieser Darstellung zu zweifeln. Wir nehmen hier das in der Einleitung angeschlagene Thema wieder auf.

Da nach der klassischen Physik mit einer Punktladung eine unendliche elektromagnetische Energie verbunden wäre, hat man schon um 1900 herum hypothetisch einen Radius des Elektrons eingeführt. Diese Annahme bringt aber neue, schwer übersehbare Probleme bezüglich der Ladungsverteilung und der Kräfte im Inneren des Elektrons mit sich. Der Verdacht liegt nahe, daß Schwierigkeiten wie die der unendlichen Selbstenergie des Elektrons nur von einer unangemessenen Anwendung der anschaulichen Raumvorstellung auf das Elektron und seine nächste „Umgebung" herrühren. Mit diesem Verdacht verband sich zunächst die Hoffnung, das Elektron werde in der Quantentheorie eo ipso frei von einer divergenten Selbstenergie sein. Diese Hoffnung bestätigte sich zunächst nicht. In vielen Problemen der Quantentheorie der Felder traten singuläre Terme auf. Es schien, als müsse man in der nun erreichten höheren Ebene der Betrachtung einen Schritt tun, der zur Einführung des Elektronenradius in Analogie stände. Man vermutete die Existenz einer kleinsten Länge, die nun nicht eine Eigenschaft des Elektrons, sondern eine neue Naturkonstante analog zum Wirkungsquantum wäre.

In den letzten Jahren hat allerdings eine Entwicklung der Feldphysik stattgefunden (SCHWINGER, TOMONAGA, DYSON u. a. vgl. [*6*]), welche die Lösung der Probleme in einer anderen Richtung sucht. Man kann sie als eine konsequente Fortbildung der „Subtraktionsphysik" auffassen. Letztere bestand zunächst in der etwas rohen, aber praktisch oft bewährten Vorschrift, bei der Berechnung irgendeines Effekts die aus der Rechnung resultierenden endlichen Ausdrücke gelten zu lassen, die hinzutretenden unendlichen Glieder aber wegzulassen. Die scheinbar hierin liegende Vieldeutigkeit — man kann ja von einem divergenten Ausdruck durch bloßes Umschreiben beliebig große Summanden abspalten — konnte durch Berücksichtigung der an die Ausdrücke zu stellenden Invarianzforderungen ausgeschaltet werden („Renormalisierung"). Die Theorie ergibt also durch die Angabe einer Rechenvorschrift dasselbe, was die Hypothese der kleinsten Länge durch die Einführung einer neuen geometrischen Vorstellung erreichen wollte. Die divergenten Glieder sind diejenigen, die anschaulich auf Vorgänge in unendlich kleinen Raumteilen zurückgeführt werden könnten, und diese werden als nichtexistent betrachtet.

Trotzdem besteht ein Unterschied zwischen den beiden Betrachtungsweisen. In der Renormalisierungstheorie hofft man gleichsam, die divergenten Anteile ohne Narbe aus der Physik herausoperieren zu können; man betrachtet ihr Auftreten als einen bloßen Fehler, der durch eine richtige Rechnungsweise vermieden werden kann. Man kann diese Theorie als konservativ bezeichnen. Die Vorstellung der kleinsten Länge soll hingegen in der Form, die ihr HEISENBERG gegeben hat, auch die divergenten Glieder physikalisch ernst nehmen. Sie fordert ja nicht, sie wegzustreichen, sondern sie in endliche Ausdrücke zu verwandeln. Wenn z. B. ein Term der unmodifizierten Theorie besagt, daß

unendlich viele Teilchen bei einem Stoßprozeß erzeugt werden, so tendiert die Renormalisierungstheorie dazu, zu sagen, in Wirklichkeit werde auf diesem Wege gar kein Teilchen erzeugt, die HEISENBERGsche Hypothese der kleinsten Länge hingegen, es würden viele, aber nur endlich viele erzeugt. HEISENBERG will also die schmerzende Stelle nicht fortoperieren, sondern er glaubt, daß sich in ihr neues Wachstum ankündigt, etwa wie beim Zahnen der Kinder.

Es kann sein, daß eine endgültige Theorie beiden Seiten ihr Recht widerfahren lassen würde. Wir versuchen hier nicht, in der Richtung auf eine solche Theorie einen weiteren Schritt zu tun, sondern nur das begriffliche Material zu mustern, das bei einem solchen Schritt verwendet werden könnte. Um die Vorstellungen zu präzisieren, knüpfen wir dabei an den Begriff der kleinsten Länge an.

Man könnte daran denken, von einer potentialen Darstellung des Kontinuums durchTeilbarkeitsaxiome auszugehen und die Teilbarkeit durch Zusatzforderungen zu beschränken. Nähme man freilich an, die Teilbarkeit höre nach einer endlichen Anzahl von Schritten plötzlich auf, so käme man auf die Ersetzung des Kontinuums durch ein Diskretum zurück. Ein Modell einer Theorie, die zwischen der Skylla der unendlichen Teilbarkeit und der Charybdis der Diskretheit hindurchsteuert, ist z.B. von FORADORI und MARCH [7] diskutiert worden: Ob zwischen zwei markierten Punkten noch ein weiterer markiert werden kann, bzw. ob zwei Punkte als verschieden erkannt werden können, kann nur mit Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden, und mit zunehmender Anzahl von Teilungsschritten geht diese Wahrscheinlichkeit von 1 gegen 0.

Mit einer derartigen Theorie wird freilich der physikalische Begriff der Messung explizite in die Geometrie eingeführt, und es ist dann vermutlich nicht konsequent, überhaupt noch eine rein geometrische Theorie aufzubauen. So wie die Abweichung von der euklidischen Geometrie in der allgemeinen Relativitätstheorie mit einer ganz bestimmten physikalischen Kraft, der Gravitation, verknüpft wird, sollte man wohl auch Annahmen über das Versagen gewisser geometrischer Messungen im kleinen nur in Verbindung mit einer Diskussion des physikalischen Grunds eines solchen Versagens konkretisieren. HEISENBERG [1] hat eine solche Diskussion hypothetisch gegeben. Nach der Unbestimmtheitsrelation ist die Lokalisierung eines Teilchens in einem Längenintervall Δx nur unter Aufwendung einer dem Impuls $\Delta p = \hbar/\Delta x$ entsprechenden Energie möglich. Wird Δx kleiner als die Ruhwellenlänge h/mc gewisser Teilchen der Masse m, z.B. der Mesonen, so kann es geschehen, daß diese Energie ausreicht, um Teilchen dieser Masse zu erzeugen. So würde eine beliebig scharfe „Spitze", wenn es überhaupt möglich wäre, sie herzustellen, alsbald von einem Elmsfeuer von neuerzeugten Mesonen umgeben sein, welche Wellenlängen bis hinauf zu h/mc hätten. Also wäre doch nur ein Raum der Ausdehnung h/mc ausgezeichnet, und diese Länge würde praktisch die Rolle einer kleinsten Länge spielen.

Derartige Erwägungen hypothetischer Meßunmöglichkeiten können nur zeigen, warum die Annahme, ein bestimmter Begriff — hier der der unbegrenzten Teilbarkeit des Raumes — könne aus der Theorie ausgeschlossen werden, nicht bereits an einem Selbstwiderspruch innerhalb der Theorie scheitert. Sie schaffen nur Raum, den eine positive Theorie ausfüllen könne. Welche begrifflichen Hilfsmittel sind dabei aber eigentlich verwendet worden?

In der HEISENBERGschen Darstellung geht der Weg zum Gedanken der kleinsten Länge über die Quantenmechanik. Die Unbestimmtheitsrelation knüpft die Meßbarkeit von Längen an eine Bedingung, und mit der Unerfüllbarkeit dieser Bedingung fällt die Meßbarkeit der Längen ganz dahin. Das bedeutet aber, daß eigentlich schon in der Quantenmechanik eine Beschränkung des Begriffs der Länge eingetreten ist, die uns als Modell, ja als Grundlage der erhofften weitergehenden Beschränkung dienen kann. In der Tat wird die Quantenmechanik mit Recht als „unanschaulich" bezeichnet. Die Wellendarstellung der Theorie ist deshalb so beliebt, weil sie noch eine gewisse Anschaulichkeit vortäuscht. Aber strenggenommen ist ja die Größe, die den Zustand eines Atoms beschreibt, das ganz abstrakte Gebilde des Vektors im HILBERT-Raum. Die Wellenfunktion ist nur eine bestimmte Komponentendarstellung dieses Vektors, die mit der „Anschaulichkeit" zugleich eine dem Zustand selbst gar nicht innewohnende Kompliziertheit in die Beschreibung hineinbringt. Der Grundzustand des Wasserstoffatoms z.B. ist eigentlich durch eine einzige Zahl, die Hauptquantenzahl 1, vollständig gekennzeichnet. Die Beschreibung dieses Zustands durch eine im ganzen Raum definierte Funktion tritt erst auf, wenn man die Frage stellt, an welchem Ort man das Elektron bei einer Messung vorfinden würde, d. h. wenn man die dem ursprünglichen Zustand fremde und ihn in der praktischen Ausführung der Messung zerstörende räumliche Fragestellung explizite einführt; natürlich kann die Antwort dann nicht weniger kompliziert sein, als es die Fragestellung war.

Als vermittelnder Begriff zwischen den unanschaulichen Gebilden der abstrakten Theorie und den anschaulichen Größen, die man messen kann, liegt in allen diesen Ansätzen die Wahrscheinlichkeit. Ihre besondere Eignung, den Gegensatz zwischen kontinuierlicher und diskreter Auffassung zu überbrücken, wollen wir zunächst an einem banalen Beispiel erläutern, das nur die MARCH-FORADORIschen Ideen „popularisiert". Bekanntlich geht in jeden vollen Koffer, wenn man genug drückt, doch noch ein Taschentuch hinein. Vollständige Induktion führt zu dem Schluß, daß in jeden Koffer noch unendlich viele Taschentücher hineingehen, im Widerspruch zur Erfahrung. Die Voraussetzung formuliert eine Kontinuitätsannahme: die Differenz zwischen zwei Kofferinhalten, die sich nur um ein Taschentuch unterscheiden, liegt unterhalb der Schwelle der Wahrnehmbarkeit. Als Wahrnehmungsakt ist dabei das Experiment, den Koffer zuzumachen, zugelassen. Indem diese Schwelle aber als endlich angesetzt wird, kann man das Unwahrnehmbare durch endlich viele Schritte zu etwas sicher Wahrnehmbarem aufsummieren. Beim wievielten Schritt liegt der Fehler? Die Antwort lautet: Ob der Koffer zugehen wird, ist überhaupt nicht gewiß. Nur die Wahrscheinlichkeit, daß er noch zugeht, wird mit wachsender Zahl der Taschentücher immer kleiner. Man muß, um konsequent zu sein, zugeben, daß ein Koffer, der schon zu war und den man wieder geöffnet hat, manchmal nicht wieder zugeht, selbst wenn man kein Taschentuch hineingelegt, sondern vielleicht sogar eines herausgenommen hat.

Wir beenden unsere Betrachtungen mit der Frage, wie sich der Begriff der Wahrscheinlichkeit in die übrigen hier erörterten Begriffe einfügt.

Wir fassen Wahrscheinlichkeit auf als eine quantitative Verschärfung einer bestimmten Fassung des Möglichkeitsbegriffs. Die Stufenfolge wäre etwa: es ist möglich, daß es morgen regnet — es ist wahrscheinlich, daß es morgen regnet — mit der Wahrscheinlichkeit 85% wird es morgen regnen. Empirisch gemessen werden Wahrscheinlichkeiten als relative Häufigkeiten. Ein einmaliger Fall kann nur eintreten oder nicht eintreten; die empirische Prüfung der Aussage: „die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens ist 85%" setzt also eine Wiederholbarkeit der Situation voraus. Dabei kann es in gewissem Umfang unklar oder selbst der willkürlichen Definition überlassen bleiben, ob man zwei Situationen im Hinblick auf die gestellte Frage als gleichartig bezeichnen will; von dieser Definition des Gleichartigen kann auch der vorausgesagte numerische Wert der Wahrscheinlichkeit abhängen. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ich für morgen Regen prophezeie, hängt von meiner Kenntnis der heutigen Wetterlage ab und vielleicht sogar von meiner Fähigkeit, die Differentialgleichungen der Hydrodynamik mit Turbulenz zu integrieren. Die klassische Auffassung war, bei beliebig genauer Kenntnis der Tatsachen müßte der Begriff der Wahrscheinlichkeit ganz aus der Naturbeschreibung entfernt werden können. Es ist wohl die fundamentale Entdeckung der Quantentheorie, daß dies unmöglich ist.

Wir müssen vielleicht unsere Deutung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs gegen mögliche andere Auffassungen verteidigen. Die bisherige Diskussion auch über diesen Begriff scheint an der nicht mehr fruchtbaren Alternative von Apriorismus und Empirismus zu leiden. Die verbreitete empiristische Meinung ist, Wahrscheinlichkeit müsse geradezu als relative Häufigkeit definiert werden. Diese Meinung dürfte aber nicht richtiger sein, als es die Meinung wäre, Zeit sei nichts anders als ein Winkel, weil sie auf dem Zifferblatt der Uhr durch einen Winkel gemessen wird. Wahrscheinlichkeit ist jedenfalls nicht bloß relative Häufigkeit vergangener Ereignisse; eine solche wird man sogar von der Wahrscheinlichkeit ausdrücklich unterscheiden, z. B. nachdem eine „Serie unwahrscheinlicher Ereignisse" eingetroffen ist. Wahrscheinlichkeitsaussagen haben genau wie die Aussagen der Naturgesetze ihren Sinn als Prophezeiungen; sie beziehen sich auf das Zukünftige, und auf dieses, sofern es nicht gewiß, aber möglich ist. Sagt man, eine Wahrscheinlichkeitsaussage sei eine hypothetische gesetzliche Bestimmung der relativen Häufigkeit möglicher Ereignisse, so hat man wohl das Richtige beider Auffassungen zusammengefaßt und in den Rahmen des Phänomens der Naturgesetzlichkeit überhaupt gestellt.

Die aprioristische Auffassung des Wahrscheinlichkeitsbegriffs gab diesem umgekehrt die ihm gebührende Eigenbedeutung, war aber meist mit der Illusion verbunden, man könne inhaltliche Wahrscheinlichkeitsaussagen a priori mit Gewißheit machen. Daß Wahrscheinlichkeitsgesetze genau so der Hypothese und der empirischen Kontrolle unterworfen sind wie alle Naturgesetze, hat uns demgegenüber gerade die Quantenmechanik gelehrt. Sie ändert nämlich die Grundgesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung ab, indem sie die Zusammensetzung von Wahrscheinlichkeiten durch den Begriff der Wahrscheinlichkeitsamplitude dem Superpositionsprinzip unterwirft. Quantenmechanisch kann es vorkommen, daß ein Ereignis, das im Falle A und im Falle B jeweils mit einer endlichen Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, die Wahrscheinlichkeit Null erhält, wenn die Fälle A und B zugleich eintreten (Interferenz der Wahrscheinlichkeiten). Auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung verliert also den Charakter als „reine" mathematische Disziplin und wird Teil einer „Wirklichkeitswissenschaft".

Man kann die neue Abstraktionsstufe der Quantenmechanik so darstellen: In einer rein „phänomenologischen" Physik, wie sie MACH vorschwebte, wären die Naturgesetze Strukturen des sinnlich Wahrgenommenen selbst. Eine solche Physik hat es nie gegeben. In der klassischen Physik sind die Naturgesetze Strukturen konkreter Dinge und ihres Zusammenspiels; die Dinge waren dann das, was sinnliche Wahrnehmungen möglich machte, ohne je mit einer Gesamtheit tatsächlich gemachter Wahrnehmungen identisch zu sein. Die Dinge konnten aber in jedem Augenblick in bezug auf alles an ihnen prinzipiell Wahrnehmbare als wohlbestimmt angesehen werden; ihre „Zustände" waren von der Art des prinzipiell sinnlich Wahrnehmbaren oder erlaubten jedenfalls eine eindeutige Verknüpfung mit sinnlich Wahrnehmbarem. In der Quantenmechanik sind die Naturgesetze Strukturen abstrakterer „Dinge" und ihrer „Zustände", die nur durch abstrakte Namen (als welche man vielfach Zahlen wählte) bezeichnet werden können, und deren Verknüpfung mit der Wahrnehmung über den Begriff der Wahrscheinlichkeit führt.

Man kann sich vorstellen, daß Begriffe dieser Art auch die potentiale Auffassung des Kontinuums auf einem völlig anderen Weg als dem der aktualen Punktmenge weiter ausbauen und eventuell begrenzen werden. Quantenmechanisch gesprochen würde es sich etwa darum handeln, die Eigenschaften des „Zustandsraumes" nicht mehr durch die des bisher benutzten HILBERTschen unendlichdimensionalen linearen Vektorraumes, sondern irgendwie anders zu beschreiben. Doch sollen hierüber an dieser Stelle keine Hypothesen gewagt werden.

Literatur.

[1] HEISENBERG, W.: Die Grenzen der Anwendbarkeit der bisherigen Quantentheorie. Z. Physik **110**, 251 (1938). — Zur Theorie der „Schauer" in der Höhenstrahlung. Z. Physik **101**, 533 (1936). — Über die in der Theorie der Elementarteilchen auftretende universelle Länge. Ann. Physique **32**, 20 (1938). — [2] SCHMIDT, A.: Die mathetische Struktur eines Wissensgebietes und ihre Festlegung. Studium gen. **3**, 678 (1950). — [3] LORENZ, K.: Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung. Z. Tierpsychol. **5**, 235 (1942). — [4] POPPER, K.: Logik der Forschung. Wien: Springer. — [5] WEIZSÄCKER, C. F. v.: Ann. Physique **36**, 275 (1939). — Die Geschichte der Natur und Struktur. Göttingen 1948. — [6] PAULI, W., and F. VILLARS: On the invariant regularisation in relativistic quantum theory. Rev. mod. Physics **21**, 434 (1949). — DYSON, F. J.: Heisenberg Operators in Quantum Elektrodynamics. I, II. Physic. Rev. **82**, 428, 608 (1951). — [7] MARCH u. FORADORI: Ganzzahligkeit in Raum und Zeit. I—IV. Z. Physik **114**, 215, 653 (1939); **115**, 245, 522 (1940).

Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen.

Eingegangen am 19. Oktober 1951.

Die durch die atmosphärische Ozonschicht bewirkte Färbung des Erdschattens auf dem verfinsterten Mond.

Von H. K. PAETZOLD, Weissenau.

Bekanntlich werden bei einer Mondfinsternis die Teile der Mondoberfläche, die in den Kernschatten eintreten, nicht vollständig unsichtbar, sondern erscheinen in einem mehr oder minder roten Farbton. Diese Erscheinung rührt daher, daß das von der Sonne kommende Licht, das die Erdatmosphäre passiert, in den Kernschatten hineingebrochen wird. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre werden die kurzwelligeren Anteile des Lichtes durch die RAYLEIGH-Streuung besonders stark geschwächt. Je weiter ein Punkt der Mondoberfläche im Schattenraum liegt, um so tiefere Luftschichten muß das Licht in der Erdatmosphäre durchlaufen, um zu diesem Punkt zu gelangen, so daß die Rotfärbung nach dem Zentrum des Erdschattens hin immer intensiver wird. Da die RAYLEIGH-Streuung monoton von rot nach violett zunimmt, sollte man erwarten, daß der Übergang von dem — im wesentlichen unverfärbten — weiß gelblichen Bereich des Halbschattens zu dem Rot des Kernschattens stetig über gelbe, gelb rötliche Tönungen erfolgen sollte.

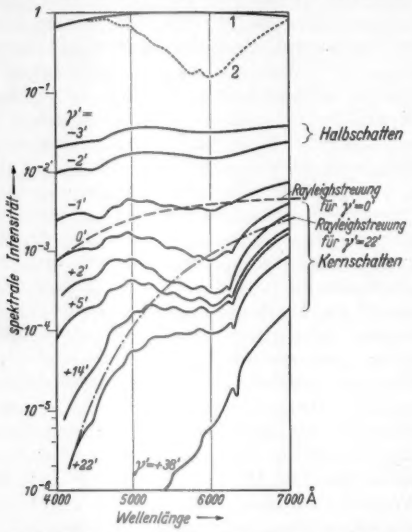

Fig. 1. Spektrale Intensitätsverteilung. Kurve 1 natürliches Sonnen- oder Mondlicht, Kurve 2 nach dem Durchgang durch 10 cm Ozon. Die übrigen Kurven geben die Intensitätsverteilung des den Kernschattenraum auf dem Mond beleuchtenden Lichtes bei verschiedenen Entfernungen γ' von der Schattengrenze. Für $\gamma' = +22'$ und $\gamma' = +38'$ wurde noch die Dunstextinktion in den tieferen Luftschichten mit berücksichtigt.

Dies ist jedoch nach den Beobachtungen nicht der Fall. Es tritt vielmehr direkt an der Kernschattengrenze eine auffallend grünlich gefärbte Zone auf, die nur wenige Winkelminuten breit ist. Weiter nach dem Schattenmittelpunkt zu werden mehr graue Tönungen beobachtet, die in das bekannte Rostrot des mittleren Kernschattengebietes überleiten. Die „grüne Zone" konnte von zahlreichen Beobachtern wahrgenommen werden [1], [2], [3]. Ihre Angaben über die Farbe reichen vom blaugrau bis zu gelbgrün. Verfasser hat die „grüne Zone" mit einem Objektiv von 20 cm Durchmesser bei einer 50fachen Fernrohrvergrößerung bei der Finsternis am 6./7. Oktober 1949 in einem bleichen blaugrünen Farbton sehen können. Die Zone ist am besten kurz nach dem Beginn oder vor dem Ende der Totalität der Finsternis an dem dem Schattenmittelpunkt abgewandten Mondrand wahrzunehmen, da dann die störende Überstrahlung durch das viel hellere Halbschattengebiet wegfällt. Es ist auch gelungen, die „grüne Zone" auf Farbaufnahmen des verfinsterten Mondes objektiv festzuhalten [3], [4], so daß über die Realität der Erscheinung kein Zweifel bestehen kann.

Es läßt sich zeigen, daß die Ursache für diese „grüne Zone" in der atmosphärischen Ozonschicht zu suchen ist, so daß letztere auf diese Weise bei einer Mondfinsternis direkt mit dem Auge wahrgenommen werden kann.

Bekanntlich absorbiert das Ozon, außer in der starken HARTLEY-Bande im Ultraviolett, auch im sichtbaren Spektralgebiet bei 4500 bis 7000 Å (Maximum bei 6000 Å), in der sog. CHAPPUIS-Bande, wenn auch verhältnismäßig schwach. Bei genügend großer Schichtdicke (etwa 10 cm Ozon unter Normalbedingungen) bewirkt diese CHAPPUIS-Bande die blaue Farbe des Ozons in der Durchsicht. In Fig. 1 ist in Kurve 1 die spektrale Intensitätsverteilung von direktem Sonnen- oder Mondlicht[1]) und in Kurve 2 dasselbe nach dem Durchgang durch eine 10 cm dicke Ozonschicht dargestellt. Man erkennt, wie im letzteren Fall die Intensitätsverteilung ein Maximum im blauen Spektralgebiet aufweist.

Bei einer Mondfinsternis müssen nun die Lichtstrahlen wegen ihres tangentialen Weges durch die atmosphärische Ozonschicht (vgl. Fig. 2) —, deren Dicke an sich nur 1 bis 4 mm beträgt —, ebenfalls Ozonmassen bis zu 10 bis 15 cm durchlaufen, so daß durch die CHAPPUIS-Bande eine Verfärbung des Erdschattens eintreten muß.

Zur näheren Untersuchung des Verlaufes dieser Verfärbung wurde eine vertikale Ozonverteilung mit einem einfachen spitzen Maximum in 23 km Höhe (vgl. Fig. 2) und einem totalen Ozonbetrag (Ozonwert) von 0,26 cm angenommen [5], wie sie mehrfach beobachtet worden ist. Mit ihr wurde die spektrale Intensitätsverteilung des Lichtes berechnet, das einzelne Punkte der Mondoberfläche beleuchtet, die in verschiedener Entfernung γ' vom geometrischen Kernschattenrand ($\gamma' = 0'$) liegen. Negative Werte von γ' beziehen sich auf den Halbschatten-, positive auf den Kernschattenraum. Das Auge sieht die Kernschattengrenze erfahrungsgemäß etwa bei $\gamma' = -1'$ (visuelle Schattengrenze).

Man erkennt aus den Kurven[2]) in Fig. 1 deutlich, wie im Halbschattenraum bis dicht an die visuelle

[1]) Die spektral etwas unterschiedliche Albedo der Mondoberfläche kann für das Folgende vernachlässigt werden.

[2]) Ihr allgemeiner Verlauf wird durch die bei Mondfinsternissen erhaltenen spektral-photometrischen Messungen von DANJON [C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **173**, 706 (1921)], LINK [Bull. Astronom. **8**, 77 (1932)], H. K. PAETZOLD [Z. Naturforschg. **5a**, 661 (1950)] gut bestätigt.

Schattengrenze die Intensitätsverteilung angenähert der des natürlichen Sonnenlichtes entspricht. Von $\gamma' = -2'$ bis $\gamma' = +5'$, also für Punkte, die in der Umgebung der Schattengrenze liegen, ergibt sich hingegen ein ähnlicher spektraler Intensitätsverlauf wie bei Kurve 2 in Fig. 1, die sich auf durch eine Ozonschicht von 10 cm gefiltertes Sonnenlicht bezieht. Nur liegt jetzt wegen der stärkeren RAYLEIGH-Streuung das sekundäre Maximum bei 5000 Å, also gegenüber der Kurve 2 nach dem Grünen zu verschoben[1]). Es zeigt sich aber auch (Fig. 1), daß schon von $\gamma' = +1'$ ab die relative Höhe dieses Maximums, im Vergleich zu dem roten Spektralgebiet, wieder abnimmt, so daß tatsächlich eine grüne Verfärbung nur in einer schmalen Zone längs der Schattengrenze zu erwarten ist, wie es den Beobachtungen entspricht.

Die geringe Ausdehnung der „grünen Zone" wird durch die Tatsache bewirkt, daß für das Licht, das weiter in den Schattenraum hineingebrochen wird, d.h. tiefere Luftschichten der Erdatmosphäre durchläuft (Fig. 2), die RAYLEIGH-Streuung sehr bald die Ozonabsorption überwiegt. Offensichtlich muß wegen dieses Zusammenwirkens von Ozonabsorption und RAYLEIGH-Extinktion die Färbung (und Ausdehnung) der „grünen Zone" von dem Ozonwert und der Form der vertikalen Ozonverteilungskurve etwas abhängen, die beide ja erheblich variieren können. Die Zone wird mehr blaugrün erscheinen bei einem hohen Ozonwert oder wenn das Ozon sich, wie in Fig. 2 angenommen, in einem spitzen Maximum hauptsächlich oberhalb von 20 km Höhe befindet. Umgekehrt werden bei einem niedrigen Ozonwert oder einer flachen Verteilung [6], bei der ein erheblicher Prozentsatz des Ozons in tieferen Luftschichten zu finden ist, mehr gelbgrüne Tönungen zu beobachten sein. Dieser Zusammenhang wird durch einige Beobachtungen der „grünen Zone", für die der Ozonwert bekannt ist, bestätigt. Die oben erwähnten unterschiedlichen Angaben über die Farbe lassen sich also zwanglos durch die Variationen der Ozonschicht deuten. Umgekehrt muß die Farbtönung der „grünen Zone" einen großen Anhalt über das atmosphärische Ozon und seine Verteilung geben, so daß diesbezügliche Beobachtungen bei zukünftigen Finsternissen angezeigt erscheinen.

[1]) Dieser Effekt wird durch die für große Teile der Mondoberfläche in dem blauen Spektralgebiet etwas absinkende Albedo noch etwas verstärkt.

Es ist instruktiv, sich die geschilderte Erscheinung für einen Beobachter auf dem Mond vorzustellen. Derselbe sieht, wenn die Erde sich weiter vor die Sonne schiebt und die Schattengrenze über seinen Standpunkt streicht, für einige Minuten die Lufthülle der Erde zwischen 30 und 13 km Höhe auf eine Länge von etwa 40°, in einem blauen bis blaugrünen Farbton aufleuchten, der nach der Erdoberfläche zu, bei etwa 11 km Höhe, ziemlich rasch in ein dem irdischen

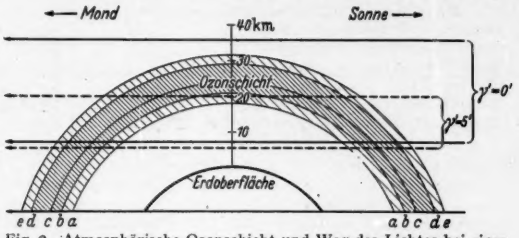

Fig. 2. Atmosphärische Ozonschicht und Weg des Lichtes bei einer Mondfinsternis durch die Erdatmosphäre. Die ausgezogenen Pfeile geben die obere und untere Grenze des Lichtbündels an, das einen Punkt des Mondes auf der Schattengrenze ($\gamma' = 0$) beleuchtet; die gestrichelten Pfeile dasselbe für einen Punkt im Schattenraum mit der Entfernung $\gamma' = 5'$ von der Schattengrenze. Die Höhen in der Erdatmosphäre sind gegenüber dem Erddurchmesser 200fach vergrößert. Schraffierte Zone: Ozonschicht. Ozongehalt bei a: 0,005 cm O_3/km; b: 0,012 cm O_3/km; c: 0,025 cm O_3/km; d: 0,012 cm O_3/km; e: 0,005 cm O_3/km.

Abendrot ähnliches Rot umschlägt. Es ist dies mit dem atmosphärischen Ozon unter planetarischen Größenverhältnissen derselbe Versuch, als wenn ein irdischer Beobachter im Laboratorium in einer Ozonröhre das Ozon in Durchsicht beobachtet und dieses ihm bei genügend großer Schichtdicke blau erscheint.

Literatur.

[1] GEHNE H.: Astron. Nachr. **244**, Nr. 5834, 26. — [2] Astronomische Arbeitsgemeinschaft Hannover: Sterne **26**, 128 (1950). — [3] Sterne **27**, 110 (1951). — [4] GRAMATZKI, H. I.: Z. angew. Photogr. **4**, 39 (1942). — [5] REGENER, E., H. K. PAETZOLD u. G. PFOTZER: Naturwiss. **37**, 559 (1950). — [6] REGENER, E., u. V. H. REGENER: Physik. Z. **35**, 788 (1934).

Weissenau, Forschungsstelle für Physik der Stratosphäre in der Max-Planck-Gesellschaft.

Eingegangen am 24. August 1951.

Berichte.

Im integralen Licht sichtbare Sonneneruptionen.

Die Anzahl der nahezu zeitlich im Zusammenhang mit Sonneneruptionen beobachteten Ultrastrahlungsstöße ist noch gering, und manche Zusammenhänge bedürfen noch der Klärung. Es scheint mir daher angebracht, die Aufmerksamkeit auf eine außergewöhnliche Eruptionsbeobachtung aus der Zeit des letzten Sonnenfleckenmaximums zu lenken.

Eine am 11. Dezember 1948 auf dem Sonnenobservatorium Wendelstein beobachtete Sonneneruption erreichte eine derartige Helligkeit, daß sie auf der Photosphäre der Sonne hell leuchtend im integralen Licht gesehen wurde und damit als Eruption überhaupt erst entdeckt wurde. Bisher sind nur wenig Fälle bekannt geworden, bei denen Eruptionen im Gesamtlicht beobachtet werden konnten. Berühmt ist die erste Beobachtung dieser Art von CARRINGTON, der bei seinen täglichen Sonnenfleckenzeichnungen auf dem Projektionsschirm am 1. September 1859 vom Aufleuchten einer Eruption in einer größeren Sonnenfleckengruppe so überrascht war, daß er zunächst geneigt war, dies einem Blendeffekt in der Optik zuzuschreiben [1]. Die Sichtbarkeit der Erscheinung, die simultan von einer magnetischen Bay-Störung[1]) begleitet war, und der 18 Std später ein außergewöhnlich starker magnetischer Sturm folgte, dauerte nur 5 min. J. BARTELS hat die alten Berichte, die mit dieser klassischen Beobachtung im Zusammenhang stehen, zusammengestellt und neu interpretiert [2].

78 Jahre vergingen, ohne daß man etwas über Beobachtungen derartig seltener Erscheinungen hörte; erst am 26. Juli 1937 sah M. WALDMEIER wiederum eine Eruption im integralen Licht [3]. Darauf folgt dann eine Mitteilung von M. DU MARTHERAY, der am 5. März 1946 in Genf 3 min lang eine Eruption auf der Photosphäre der Sonne beobachtete [4]. Ferner konnte noch auf einem Spektrogramm des Sherborne Observatory die Eruption vom 25. Juli 1946, die sich durch sehr große Helligkeit auszeichnete und einen der stärksten Ultrastrahlungsstöße auslöste [5], im Gebiet $\lambda \sim 6000$ Å festgestellt werden [6].

Die Beobachtung der auf der Sonnenscheibe sichtbaren Eruption vom 11. Dezember 1948, der wir uns nun zuwenden wollen, ist, bedingt durch die Eigenart ihrer

[1]) Bay-Störung nennt man eine in den erdmagnetischen Registrierungen bei Sonneneruptionen häufig beobachtete buchtartige Einschnürung.

Erscheinung und ihrer Entdeckung, unvergeßlich in die Geschichte des Wendelstein-Observatoriums eingegangen. Die tiefstehende Wintersonne stand nach ihrem Aufgang zunächst hinter Wolkenbänken am Horizont. Es schien fraglich, ob man überhaupt ein Fleckenbild des Tages durch Wolkenlücken erhalten wird, aber der Beobachter — es war meine Tochter — hält am Sonnenrefraktor aus. Plötzlich kommt sie aufgeregt angestürzt: „Vati", ruft sie, „schnell kommen, in der großen südlichen Fleckengruppe ist ein großer hell leuchtender Fleck aufgetaucht." (CARRINGTON schrieb seiner Zeit „ausgebrochen"). So begann das Ereignis dieses Tages, das infolge Bewölkung allerdings nicht so vollständig wie erwünscht durchbeobachtet werden konnte. Die Beobachtungsdaten sind folgende:

Eruption 11. Dezember 1948 Uhrzeiten: Weltzeit.

Beginn der Eruption (geschätzt)	8.15 Uhr
Erste Beobachtung (Photosphäre)	8.18 Uhr
Erste Beobachtung (Chromosphäre)	8.25 Uhr
Maximum nach photosphärischer Beobachtung	8.20 Uhr
Noch im integralen Licht sichtbar	8.30 Uhr
Normale H_α-Fackelhelligkeit (Ende der Eruption)	8.58 Uhr

Position: 9° S 48° E (heliographische Koordinaten).

Mindestens 12 min lang konnte also diese Eruption im integralen Licht gesehen werden. Zur Zeit des Maximums erschien der Eruptionsherd im integralen Licht intensiver als die hellsten Fackelgebiete am Rande der Sonne. Über dem Eruptionsherd wurde ein aufsteigendes Filament (Protuberanz) beobachtet (~— 250 km/sec).

Literatur.

[1] CARRINGTON: Monthly Notices Roy. astronom. Soc. **20** (1859). — [2] BARTELS, J.: Terr. Magn. **42**, 235 (1937). — [3] WALDMEIER, M.: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung, S. 196. Leipzig 1941. — [4] MARTHERAY, M. DU: J. brit. astronom. Assoc. **57**, 218 (1946). — [5] DOLBEAR u. ELLIOT: Nature [London] **159**, 58 (1947). — FORBUSH: Physic. Rev. **70**, 771 (1946). — [6] ELLISON: Monthly Notices Roy. astronom. Soc. **106**, 500 (1946).

Universitätssternwarte München, Sonnenobservatorium Wendelstein.

ROLF MÜLLER.

Eingegangen am 23. September 1951.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Andeutung einer Strukturzahl 6 in Atomkernen.

Betrachtet man die Protonen- und Neutronenzahl der häufigsten und der seltensten Isotope der Elemente in der Mitte des Periodischen Systems, so stößt man auf eine Reihe von Beziehungen, welche die Existenz einer Strukturzahl 6 wahrscheinlich machen. Man findet so die

Regel I: Schreibt man die häufigsten Isotope von $Z = 36$ bis $Z = 77$ in 6er Perioden untereinander, so hat man in den Protonenzahlen und in den Neutronenzahlen stets durch 6 teilbare Differenzen. Dabei ist wesentlich, daß in 2 Lücken je 6 Neutronen eingespart werden. Die erste dieser Lücken umfaßt 6 Elemente. Sie beginnt bei der magischen Zahl $n = 50$, die zweite Lücke umfaßt 11 Elemente und beginnt 2 Stellen hinter der magischen Zahl $n = 82$. Der Vorzug dieser 6er Perioden (es wären auch 2er, 4er, 8er Perioden denkbar) liegt in der Einordnung der Lücken und der in den folgenden Regeln gegebenen Tatsachen.

$^{84}_{36}$Kr	$^{85}_{37}$Rb	—	—	—	—
—	—	$^{102}_{44}$Ru	$^{103}_{45}$Rh	$^{(108)}_{46}$Pd	$^{(109)}_{47}$Ag
$^{114}_{48}$Cd	$^{115}_{49}$In	$^{120}_{50}$Sn	$^{121}_{51}$Sb	[$^{130}_{52}$Te]	$^{127}_{53}$J
$^{132}_{54}$X	$^{133}_{55}$Cs	$^{138}_{56}$Ba	—	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	$^{169}_{69}$Tm	$^{174}_{70}$Yb	$^{175}_{71}$Cp
$^{180}_{72}$Hf	$^{181}_{73}$Ta	$^{(186)}_{74}$Wo	$^{187}_{75}$Re	$^{192}_{76}$Os	$^{193}_{77}$Ir

Die eingeklammerten Massenzahlen bedeuten, daß das zweite Isotop (bei jeweils geringem Unterschied in der Häufigkeit) eingesetzt ist.

Regel II: Bei Elementen, deren Protonenzahl durch 6 teilbar, ist auch die Neutronenzahl des häufigsten und des seltensten Isotops ein Vielfaches von 6.

Häufigstes Isotop	$^{84}_{36}$Kr	—	$^{114}_{48}$Cd	$^{132}_{54}$X	$^{180}_{72}$Hf	[$^{195}_{78}$Pt]
Seltenstes Isotop	$^{78}_{36}$Kr	—	$^{108}_{48}$Cd	$^{126}_{54}$X	$^{174}_{72}$Hf	$^{192}_{78}$Pt

Außer den Seltenen Erden fügt sich auch wiederum das $_{42}$Mo nicht in die Regel.

Regel III: Natürliche radioaktive Isotope gehören vorwiegend zu Elementen, bei denen $Z - 1$ durch 6 teilbar ist.

Radioaktive Isotope haben: $_{19}$K, $_{37}$Rb, $_{43}$Tc, $_{49}$In, $_{61}$Pm. Oberhalb $_{61}$Pm gilt die Regel nicht mehr.

Regel IV: Merkwürdig und theoretisch schwer zu verstehen ist die Tatsache, daß bei Elementen, deren Protonenzahl durch 6 teilbar, die Anzahl der Isotope $= Z:6$ ist.

Z	$_{18}$Ar	$_{24}$Cr	$_{30}$Zn	$_{36}$Kr	$_{42}$Mo	$_{48}$Cd	$_{54}$X
Zahl der Isotopen	3	4	5	6	7	8	9

Jenseits des Xenons nimmt die Isotopenzahl ab, hier scheinen höhere Divisoren zu gelten.

Ebenso stimmt unterhalb des Ar der Divisor 6 nicht mehr. Die Isotopenzahl ist größer, man kommt mit einer 4er-Beziehung zu recht guter Übereinstimmung.

Z	$_{4}$Be	$_{8}$O	$_{12}$Mg	$_{16}$S	$_{20}$Ca
Zahl der Isotopen	1	3 (statt 2)	3	4	6 (statt 5)

Die untere Grenze der 6er-Regel IV liegt also bei der magischen Zahl 20 (Ca) bzw. der PAULI-Zahl 18 (Ar), die obere Grenze (X) bei der PAULI-Zahl $54\,p$ bzw. der magischen Zahl $82n$. Es erscheint in diesem Zusammenhang interessant, daß auf das $^{40}_{20}$Ca mit der magischen Zahl $20n$ der Elektronenschaleneinbau der Sc-Reihe folgt, auf die magische Zahl $50n = ^{88}_{38}$Sr der Elektroneneinbau der Y-Reihe, auf die magische Zahl $82n = ^{138}_{56}$Ba die Lanthaniden.

Neckargemünd.

H. E. BINKELE.

Eingegangen am 20. Oktober 1951.

Der Valenzwinkel des Schwefelatoms im Diphenylsulfon.

Im Zusammenhang mit den Arbeiten über die Größe des Valenzwinkels des X-Atoms in den Diphenyl-X-Verbindungen[1-8]) wurde von uns das 4,4'-Dijod-diphenylsulfon röntgenographisch untersucht. Die Substanz, die von A. LÜTTRINGHAUS dargestellt und uns bereitwilligst überlassen wurde, lag in kleinen, linealförmigen, praktisch farblosen Einkristallen vom Schmelzpunkt 213,5° C vor, die aus Butanol und Xylol umkristallisiert wurden. Wegen der Flächenarmut war eine goniometrische Vermessung nur in der Linealachse (a_2) möglich, wobei sich digonale Symmetrie ergab. Zu demselben Ergebnis führte eine LAUE-Aufnahme in dieser Richtung, während eine Aufnahme in einer dazu senkrechten Richtung nur eine Spiegelebene zeigte. Die Kristalle gehören also der LAUE-Klasse $C_{2h} - \frac{2}{m}$ an. Der Winkel α_2 ließ sich goniometrisch zu 104° bestimmen. Die Kristalle zeigten eine ausgesprochene Spaltbarkeit senkrecht zur Linealachse, also in der a_1-a_3-Ebene. Die Dichte wurde nach der Schwebemethode in $K_2[HgJ_4]$ zu $2{,}25 \pm 0{,}01$ [g cm^{-3}] (20° C) bestimmt.

Die Gitterkonstanten wurden aus Drehkristallaufnahmen um [100], [010] und [001] gewonnen und nach Transformation

in ein c-basisflächenzentriertes Atomgitter zu

$A_1 = 21{,}37$ [Å]; $A_2 = 4{,}92$ [Å]; $A_3 = 14{,}37$ [Å]; $\alpha_2' = 116{,}7°$

gefunden. Damit errechneten sich vier Formelgewichte je Elementarzelle und eine röntgenographische Dichte von 2,30 [g cm^{-3}].

Es ergaben sich folgende Auslöschungsgesetze:

hkl nur vorhanden für $h + k = 2n$,
$h0l$ nur vorhanden für $h = 2n$ und gleichzeitig $l = 2n$,
$0k0$ nur vorhanden für $k = 2n$.

Sie sind charakteristisch für die Raumgruppen $C_{2h}^6 - C\frac{2}{c}$ und $C_s^4 - Cc$. Die noch möglichen Raumsysteme können durch Diskussion der speziellen Punktlagen[9]) ausgeschlossen werden. Unter Benutzung des goniometrischen Befundes und des negativen Ausfalles der piezoelektrischen Untersuchung nach GIEBE-SCHEIBE[10]) ist somit $C_{2h}^6 - C\frac{2}{c}$ als die wahrscheinlichste Raumgruppe anzusehen.

Die nähere Betrachtung der Atomlagen zeigt, daß sich die vier Schwefelatome in einer der speziellen vierzähligen Lagen befinden müssen und mithin sowohl chemisch als auch strukturell als gleichwertig anzusehen sind. Für die acht Jodatome läßt sich aus Strukturfaktorbetrachtungen zeigen, daß sie, wenn C_{2h}^6 die zutreffende Raumgruppe ist, nur in der achtzähligen allgemeinen Punktlage angeordnet sein können. Die Molekeln sind auf der a_2-Achse aufgereiht und müssen in der $(40\bar{2})$-Ebene liegen, da diese alle anderen an Beugungsintensität bei weitem übertrifft. Dem entspricht der nach (100) linealartige Habitus mit a_2 als Linealachse.

Für die Festlegung der Größe des Valenzwinkels genügt es zunächst, den intramolekularen Jod-Jod-Abstand, der durch die x- und z-Parameter allein bestimmt ist, zu kennen, da sich daraus der Winkel berechnen läßt. Bei den möglichen Parameterwerten ließ sich zeigen, daß alle Anordnungen, bis auf die mit folgenden Parameterwerten, zu kurze inter- und intramolekulare Abstände liefern:

$$x = 0{,}200 \pm 0{,}001; \quad z = 0{,}636 \pm 0{,}004.$$

Daraus ergibt sich ein intramolekularer Jod-Jod-Abstand von 10,51 [Å], der auf einen Winkel J-S-J von $105{,}7 \pm 1°$ führt, wenn für den Jod-Schwefel-Abstand der aus anderen Messungen her bekannte Wert von 6,59 [Å] eingesetzt wird. Eine noch weitergehende Bestimmung dieser Parameter und die endgültige Festlegung der übrigen muß nach Berücksichtigung sämtlicher Korrekturfaktoren, besonders der hohen Absorption, den PATTERSON-FOURIER-Projektionen vorbehalten bleiben, deren Berechnung gerade durchgeführt wird.

Der von A. LÜTTRINGHAUS am Sulfon nach seiner Ringschlußmethode abgeschätzte Winkel am Schwefel (75 bis 90°)[11]) dürfte nach unseren Messungen (106°) sowie nach denen von BERGMANN-TSCHUDNOWSKY (109°)[12]) und TOUSSAINT (100°)[8]) zu klein sein. Die Ringschlußmethode läßt offenbar in diesem Fall keine sicheren Schlüsse mehr zu.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.

C. KEIL und K. PLIETH.

Eingegangen am 15. Oktober 1951.

[1]) LEONARD, N. J., u. L. E. SUTTON: J. Amer. chem. Soc. **70**, 1564 (1948).
[2]) MAXWELL, L. R., S. B. HENDRICKS u. V. M. MOSLEY: J. chem. Physics **3**, 699 (1935).
[3]) LÜTTRINGHAUS, A., u. R. KOHLHAAS: Ber. dtsch. chem. Ges. **72**, 907 (1939).
[4]) LÜTTRINGHAUS, A.: Liebigs Ann. Chem. **528**, 211, 223 (1937).
[5]) PLIETH, K.: Naturwiss. **34**, 24 (1947).
[6]) PLIETH, K.: Z. Naturforschg. **2a**, 409 (1947).
[7]) HASSEL, O., u. H. VIERVOLL: Acta chem. scand. **1**, 149 (1947).
[8]) TOUSSAINT, J.: Bull. Soc. chim. Belgique **54**, 319 (1945).
[9]) BRANDENBERGER, E.: Z. Kristallogr. **68**, 330 (1928).
[10]) GREENWOOD, G.: Z. Kristallogr. **91**, 235 (1935).
[11]) LÜTTRINGHAUS, A., u. K. BUCHHOLZ: Ber. dtsch. chem. Ges. **72**, 2057 (1939).
[12]) BERGMANN, E., u. M. TSCHUDNOWSKY: Ber. dtsch. chem. Ges. **65**, 457 (1932).

Hemmung des Viskositätsabfalles in ATP-Actomyosin-Mischungen durch Colchicin.

Bei Zusatz von Adenosintriphosphorsäure (ATP) zu einer Actomyosinlösung fällt die Viskosität dieser Lösung sehr stark ab, da das Actomyosin wahrscheinlich zerfällt, und zwar nimmt sie exponentiell mit der Zeit ab (proportional e^{-kt}). Die Zeit, in der die Viskosität auf die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes absinkt, wird zur Charakterisierung angegeben (Halbwertzeit). Mit Hilfe eines neuen schnellregistrierenden Viskosimeters, das mit einer Schnellmischungsanordnung verbunden ist[1]), untersuchen wir zur Zeit den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Geschwindigkeit des raschen Viskositätsabfalles in Mischungen von ATP und Actomyosin. Dabei konnten wir feststellen, daß Colchicin in sehr großer Verdünnung die Geschwindigkeit des Viskositätsabfalles hemmt, also die Halbwertzeit erhöht.

Tabelle 1. *Hemmung der zeitlichen Viskositätsabnahme in Mischungen von Actomyosin und ATP durch Zusätze von Colchicin. Die Zahlen geben die durchschnittliche prozentuale Erhöhung der Halbwertszeit bei Zusatz verschiedener Colchicinmengen an. (Zahl der Versuche in Klammern.)*

ATP, Mol.	Colchicin (in g/ml)				
	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}
$0{,}25 \cdot 10^{-4}$	12 (4)	7 (4)	21 (17)	28 (4)	24 (4)
$0{,}5 \cdot 10^{-4}$	25 (2)	28 (9)	24 (20)	25 (7)	
$1{,}0 \cdot 10^{-4}$		34 (3)	13 (6)	5 (1)	

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse von Versuchen mit Herz-Actomyosin, präpariert nach EDMAN[2]). Die Tabelle zeigt die Verlangsamung des Abfalles bei verschiedenen ATP- und Colchicin-Konzentrationen, ausgedrückt als durchschnittliche prozentuale Erhöhung der Halbwertzeit der Viskosität. Die Kontrollen wurden unter exakt denselben Bedingungen und bei gleicher Gelegenheit wie die Colchicinversuche ausgeführt. Die eingeklammerten Ziffern geben die Anzahl der jeweiligen Colchicinversuche an. Wie ersichtlich, steigt der Colchicineffekt auch bei höheren Colchicinkonzentrationen nicht über 25 bis 30%. Warum das so ist, wissen wir noch nicht. Ein sicherer Einfluß der ATP-Konzentration ist nicht feststellbar. Die in der Tabelle zwischen verschiedenen ATP-Konzentrationen vorhandenen Unterschiede sind wegen der oft kleinen Zahl der Versuche nicht statistisch gesichert.

Die Arbeit wird fortgesetzt und erscheint ausführlich in den Acta Physiologica Scandinavica.

Uppsala, Pharmakologisches Institut der Universität.

ERNST BÁRÁNY und ASTA PALIS.

Eingegangen am 2. November 1951.

[1]) BÁRÁNY, EDMAN, HÖGBERG u. ROSNER: Acta physiol. scand. (Stockh.) **23**, 128 (1951).
[2]) EDMAN: Acta physiol. scand. (Stockh.) **21**, 230 (1950).

Über die Abhängigkeit der Colchicinwirkung von der Adenosintriphosphorsäure.

Die von BRACHET[1]) aufgestellte Hypothese, daß die Kontraktion der Zellspindel in ihrem Chemismus mit dem der Muskelkontraktion übereinstimme, weist der Adenosintriphosphorsäure (ATP) die Rolle der energieliefernden Substanz bei dieser Kontraktion zu. Da Colchicin die Funktion der Zellspindel stört, lag es nahe zu prüfen, wie die Colchicinwirkung von einer zugesetzten Menge an ATP abhängig ist. Schon 1949 konnten wir feststellen, daß ATP eine antagonistische Wirkung gegen die des Colchicins hat[2]). Bei unserer üblichen Versuchstechnik fügen wir gleichzeitig mit dem Ansetzen der Fibroblastenkultur dem Medium die zu prüfenden Stoffe zu und registrieren das Ergebnis 24 Std später. Die ATP ist eine labile Substanz, und innerhalb 24 Std ist durch Selbstzerfall und fermentativen Abbau die zugesetzte Menge stark vermindert, so daß der antagonistische Effekt in dieser Versuchsanordnung nur bei sehr kleinen Colchicindosen nachzuweisen ist. Inzwischen konnte auf indirektem Wege durch Anwendung von Synergisten die Bedeutung der ATP[3]) und Kreatinphosphorsäure[4]) für die Colchicinwirksamkeit nachgewiesen werden. Es erschien aber weiterhin erwünscht, durch eine direkte Methode den Antagonismus der ATP zum Colchicin zu demonstrieren. Wir haben die Versuchstechnik so abgewandelt, daß wir Fibroblasten zunächst 24 Std unbeeinflußt wachsen ließen und dann Colchicin bzw. die Mischung von Colchicin und adenosintriphosphorsaurem Natrium dem Kulturmedium zufügten. Wir verwendeten eine solche Dosis an Colchicin, daß in der Endkonzentration 0,04 γ/cm^3 vorhanden waren, eine Menge, die in der früheren Versuchsanordnung nach 24 Std 55% der Zellen in Mitose arretiert. Schon 1 Std nach Zusatz des Colchicins ließ sich der Beginn einer Mitosehemmung feststellen, die sich in den folgenden Stunden fortlaufend verstärkte. In den mit dem Gemisch von ATP

(1 mg/cm³) und Colchicin (0,04 γ/cm³) versetzten Kulturen war in den ersten Stunden nach dem Zusatz keine Andeutung einer Mitosehemmung zu erkennen. Erst nach 4 Std beginnt eine Mitosehemmung, die sich, nachdem die ATP zerfallen ist, in den folgenden Stunden weiter verstärkt (s. Tabelle 1). Das morphologische Bild einer mit der Mischung versetzten Kultur entspricht vollkommen dem einer unbeeinflußten Kultur.

Tabelle 1. *Prozentzahl der Mitosen nach Zusatz von Colchicin, bzw. Colchicin + ATP, zu Fibroblastenkulturen.*

Stunden nach Zusatz	Colchicin	Colchicin + ATP
1	2,0	2,0
2	7,7	3,0
3	11,2	3,3
4	13,0	5,0
5	16,4	8,3
9	27,4	9,4
14	38,4	23,2

Damit ist auf direktem Wege der Antagonismus der ATP gegen Colchicin demonstriert und die Aussage begründet, daß die Wirksamkeit des Colchicins von dem Spiegel der Zelle an ATP abhängt. Wird dieser erhöht, so sinkt die Wirksamkeit des Colchicins; wird er gesenkt[3]), so verstärkt sich die Wirksamkeit des Colchicins.

Die Befunde unterstützen zwar die Annahme der Verwandtschaft von Muskel- und Spindelkontraktion und des hier vermuteten Angriffspunktes des Colchicins, jedoch könnte die Wirkung der ATP eine indirekte sein und über Zwischenreaktionen zur Auswirkung kommen. Wir haben daher im vorigen Jahre untersucht[5]), ob Muskelfermente durch Colchicin gehemmt werden, und fanden Hemmungen der ATPase und des kreatinphosphorsäure-spaltenden Fermentes erst mit Dosen, die das 1000fache der mitosehemmenden ausmachen[4]). Auch die Befunde von LECOMTE[7]), daß Colchicin am isolierten Muskel einen LUNDSGAARD-Effekt bewirkt, sind durch die verwendeten hohen Dosen für die Deutung des mitosehemmenden Effektes nur von bedingtem Wert. BÁRÁNY und PALIS[8]) teilen gleichzeitig Ergebnisse mit, daß Colchicin die Viskositätsänderung einer ATP-Actomyosinmischung hemmt und zwar in Konzentrationen, die mit den mitosehemmenden übereinstimmen. Diese Befunde von BÁRÁNY und PALIS stellen den ersten direkten Beweis dafür dar, daß Colchicin im Muskelchemismus Angriffspunkte hat, und stützen damit die Deutungen, die wir dem Wirkungsmechanismus des Colchicins und seiner Synergisten gegeben haben[5]).

Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.

HANS LETTRÉ und MARIANNE ALBRECHT.

Eingegangen am 3. November 1951.

[1]) BRACHET, J.: Embryologie chimique. Paris 1947

[2]) LETTRÉ, H: Erg. Physiol. **46**, 379 (1950). — Strahlenther. **83**, 1 (1950).

[3]) LETTRÉ, H., R. LETTRÉ u. CH. PFLANZ: Z. physiol. Chem. **286**, 212 (1951).

[4]) LETTRÉ, H.: Naturwiss. **38**, 13 (1951).

[5]) LETTRÉ, H., u. W. FRITSCH: Diss. Göttingen 1950. — Angew. Chem. **63**, 429 (1951).

[6]) Zu ähnlichen Ergebnissen ist inzwischen auch K. LANG [Experientia **7**, 379 (1951)] gelangt.

[7]) LECOMTE, J.: Arch. int. Pharmacodynam. Thérap. **128**, 440 (1949).

[8]) BÁRÁNY, E., u. A. PALIS: Naturwiss. **38**, 547 (1951).

Über den Gehalt an Häminkörpern in den Wurzelknöllchen von Nicht-Leguminosen.

Der rote Farbstoff in den Wurzelknöllchen der Leguminosen wurde zum erstenmal von KUBO[1]) als Hämoprotein erkannt. Die Identität mit Hämoglobin aus Säugetierblut ist in neueren Untersuchungen bestätigt worden[2]), [3]), so daß die chemische Übereinstimmung dieses in pflanzlichem Gewebe enthaltenen Pigments, das auch als Leghämoglobin bezeichnet worden ist[4]), mit dem Blutfarbstoff der höheren Tiere als gesichert gelten kann. Über die Verteilung des Pigments im Gewebe der Wurzelknöllchen ist bis jetzt nur bekannt, daß es auf die bakterienhaltigen Zellen beschränkt ist und daß die Knöllchensymbionten selbst farbstofffrei sind und in Reinkultur nicht die Fähigkeit besitzen, das rote Pigment auszubilden[5]), [4]). Die Impfung symbiontenfrei herangezogener Leguminosen mit „effektiven" und „ineffektiven" Rhizobiumstämmen erbrachte den Nachweis, daß nur diejenigen Pflanzen das Hämoglobin in ihren Wurzelknöllchen ausbilden, die tatsächlich zur Bindung atmosphärischen Stickstoffs befähigt sind[7]). Diese Beobachtung legt den Schluß nahe, daß der Blutfarbstoff der Leguminosenknöllchen auf direktem oder indirektem Wege an der Bindung atmosphärischen Stickstoffs beteiligt ist.

Im Verlauf unserer Untersuchungen über die Ausbildung des Hämoglobins in Leguminosenknöllchen in Abhängigkeit von verschiedenen Umweltsfaktoren[8]) haben wir auch geprüft, ob in Wurzelknöllchen von Nicht-Leguminosen, bei welchen die Bindung atmosphärischen Stickstoffs als gesichert gelten kann[9]), Hämoglobin enthalten ist. Während der rote Farbstoff aus fein zerkleinerten Wurzelknöllchen der Leguminosen mit Wasser ($p_H = 7{,}0$) leicht extrahiert und im Spektroskop an der Bandenlage der ineinander überzuführenden oxydierten und reduzierten Verbindung (Oxydation mit Luftsauerstoff, Reduktion mit Natriumdithionit) als Hämoglobin gut charakterisiert werden kann, konnte in entsprechend zubereiteten wäßrigen Extrakten aus Wurzelknöllchen von Erlen (*Alnus glutinosa, A. incana*), vom Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) und vom Gagelstrauch (*Myrica gale*) kein Hämoglobin nachgewiesen werden. Auch nach Zugabe von Pyridin + Natriumdithionit zum wäßrigen Extrakt aus diesen Knöllchen konnten bei den geprüften Konzentrationen in keinem Fall die gut ausgeprägten charakteristischen Pyridinhämochromogenbanden beobachtet werden, die bei entsprechender Behandlung des wäßrigen Extraktes aus Wurzelknöllchen der Leguminosen sofort in Erscheinung treten. Auch SMITH[6]) ist es nicht gelungen, in der Erle Hämoglobin nachzuweisen.

Extrahiert man die gewaschenen, abgetrockneten und fein zerkleinerten Wurzelknöllchen der erwähnten Nicht-Leguminosen sofort mit soviel Pyridinspuren von Natriumdithionit, daß der Wassergehalt des Extraktes nicht mehr als etwa 5% beträgt (wodurch Trübungen durch Eiweißstoffe verhindert werden), so erhält man klare Lösungen, die im Spektroskop Pyridinhämochromogenbanden erkennen lassen. Die Lage der Banden stimmt vollkommen überein mit der Bandenlage sowohl der mit rekristallisiertem Hämin dargestellten Pyridinhämochromogenlösungen als auch der in gleicher Weise aus Hämoglobin-führenden Wurzelknöllchen isolierten Extrakte. Maxima bei 557,2 und 526,2 mμ (Gittermeßspektroskop nach LOEWE-SCHUMM). In den Extrakten der Nicht-Leguminosen sind neben dem Pyridinhämochromogen noch andere, vorwiegend im blauvioletten Teil des Spektrums absorbierende Farbstoffe gelöst, die eine alleinige und quantitative Erfassung des Pyridinhämochromogens auf photometrischem Wege (PULFRICH-Photometer, BECKMAN-Spektrophotometer) nicht zuließen, da es uns bis jetzt noch nicht gelungen ist, die noch nicht näher charakterisierten Begleitfarbstoffe, welche auch im Bereich der Hauptabsorptionsbande des Pyridinhämochromogens noch eine erhebliche Grundabsorption aufweisen, von diesem vollkommen abzutrennen. Wir sind daher vorläufig darauf angewiesen, den Gehalt an Häminkörpern in Wurzelknöllchen der Nicht-Leguminosen und anderen Pflanzengeweben durch einen Vergleich der Bandenintensitäten im Vergleichsspektroskop mit Pyridinhämochromogenlösungen bekannten Hämingehaltes in erster Annäherung zu ermitteln.

Bei der Extraktion des Gewebes mit Pyridin werden alle vorkommenden Häminkörper als Pyridinhämochromogen erfaßt[10]).

Tabelle 1. *mg Hämin je g Frischgewicht.*

	Wurzelknöllchen	Wurzelrinde	
Alnus glutinosa	0,02	0,005	Vergleichsspektroskop
Hippophaë rhamnoides	0,03	0,007	
Myrica gale	0,035	0,007	
Encephalartos Altensteinii (Korallenwurzeln)	0,006	0,004	
Podocarpus nerifolius	0,005	0,003	
Lupinus angustifolius	0,076	0,005	PULFRICH-Photometer
Bäckerhefe (Zellextrakt)	0,007		

Die Tabelle 1 zeigt, daß der Gehalt an Zellhäminen in den Wurzelknöllchen der N-bindenden Nicht-Leguminosen wesentlich (zum Teil bis zum 5fachen Betrag) den von anderen Geweben der gleichen Pflanze wie auch den Hämingehalt der Hefe[11]) übertrifft. In den Wurzelknöllchen des zu den Nadelhölzern gehörenden Podocarpus bzw. den Korallenwurzeln der Cycadee Encephalartos, in denen wohl eine Symbiose mit Mikroorganismen (Phycomyceten, Cyanophyceen), aber keine

Bindung atmosphärischen Stickstoffs nachgewiesen ist[9]), liegt der Gehalt an Häminkörpern in der gleichen Größenordnung wie in der Wurzelrinde. Der höchste Gehalt an Häminverbindungen ist in den Wurzelknöllchen der Leguminosen (Hämoglobin + Zellhämine) zu beobachten. Die Wurzelknöllchen der N-bindenden Nicht-Leguminosen weisen Hämingehalte (Zellhämine) auf, die in der Größenordnung zwischen denen der Leguminosenknöllchen und denen der übrigen untersuchten Wurzelknöllchen liegen.

Nachdem ein funktioneller Zusammenhang zwischen dem Hämoglobingehalt der Leguminosenknöllchen und der Bindung atmosphärischen Stickstoffs wahrscheinlich ist, liegt es nahe, in dem erhöhten Gehalt an Zellhäminen in den Wurzelknöllchen der N-bindenden Nicht-Leguminosen eine ähnliche Beziehung zu vermuten.

Dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sind wir für die Bereitstellung von ERP-Mitteln für unsere Untersuchungen zu Dank verpflichtet.

Frankfurt a. M., Botanisches Institut der Universität.
KARL EGLE und HERTA MUNDING.

Eingegangen am 22. Oktober 1951.

[1]) KUBO, H.: Acta phytochim. **11**, 195 (1939).
[2]) KEILIN, D., u. Y. L. WANG: Nature [London] **155**, 227 (1945).
[3]) LITTLE, H. N.: J. Amer. chem. Soc. **71**, 1973 (1949).
[4]) VIRTANEN, A. J.: Biol. Rev. Cambridge philos. Soc. **22**, 239 (1947).
[5]) KEILIN, D., u. J. D. SMITH: Nature [London] **159**, 692 (1947).
[6]) SMITH, J. D.: Biochemic. J. **445**, 585 (1949).
[7]) VIRTANEN, A. J., T. LAINE u. H. LINKOLA: Suomen Kemistehti B **18**, 36 (1945).
[8]) EGLE, K., u. H. MUNDING: Noch nicht veröffentlicht.
[9]) SCHAEDE, R.: Die pflanzlichen Symbiosen. Jena 1948.
[10]) ANSON, M. L., u. A. E. MIRSKY: J. Physiology **60**, 50, 161, 221 (1925).
[11]) TREIBS, A.: Z. physiol. Chem. **168**, 68 (1927).

Neue Forschungen über Systematik und Ökologie der Collembolen.

Seit einigen Jahren in Genf laufende Untersuchungen über Kompostcollembolen haben einen ungeahnten Einblick in den heutigen Stand der Systematik und Ökologie dieser Insektenordnung gewährt. Von den 37 hierbei gefundenen Arten lassen sich 27 (73%) mit den 1929 erschienenen Tabellen in DAHLS „Tierwelt Deutschlands" nicht bestimmen, weil darunter allein 19 (51%) Arten damals noch gar nicht beschrieben waren und von den restlichen 8 seither neue abgespalten worden sind, deren Differentialmerkmale naturgemäß im DAHL auch noch nicht erwähnt sind. Aber auch meine „Hilfstabellen"[1]) von 1944 sind teilweise schon sehr überholt: 13 (35%) der eingangs erwähnten Arten lassen sich damit nicht bestimmen (wovon 11 erst seither beschrieben). Die neuesten taxonomischen Revisionen[2]) betreffen Sammelnamen wie *Hypogastrura „armata"*, *Folsomia „fimetaria"*, *Onychiurus „fimetarius"*, *Onychiurus „armatus"* usw. Unter letzterem Namen faßte man bisher allein für die Schweiz mindestens zehn gute Arten zusammen. Die Fortschritte hatten teilweise eine Verfeinerung der Sammel- und Präpariertechnik zur Voraussetzung. Eine gute Fixierung mit Entfetten der Objekte ist oft unentbehrlich zum Studium der Konstanz gewisser Merkmale (Chaetotaxie).

Ein endgültiger Ausbau der Systematik der mitteleuropäischen Collembolen ist in absehbarer Zeit noch nicht zu erwarten. Daher bleibt dem Bearbeiter nichts anderes übrig, als die ganze neuere Spezialliteratur zu beherrschen, sich also zu spezialisieren. Die bisherigen ökologischen und biogeographischen Arbeiten werden unter diesen Umständen natürlich zusehends entwertet, und man mag sich fragen, ob all die neuen Arten vom ökologischen Standpunkt auch wirklich gerechtfertigt sind.

Eine lange Reihe neuer Freiland- und Laborversuche haben diese Frage entschieden bejaht. Zum Beispiel wurden in einen Komposthaufen, in dem sich die erst kürzlich unterschiedene *Hypogastrura denticulata* (Bag.) Gis. massenhaft vermehrte, Tausende von Exemplaren der nahe verwandten Stammart *H. armata* (Nic.) Gis. eingeführt. Sie konnte aber nie wieder darin aufgefunden werden. Die ökologische Vikarianz der beiden Arten war in diesem Falle absolut. *Folsomia quadrioculata* Tullbg. und *multiseta* Stach leben oft in der freien Natur nebeneinander; ihre ökologischen Ansprüche sind aber nicht identisch: *quadrioculata* ist nie aus einem kleinen Haufen kompostierender Tannennadeln in unmittelbar umliegenden Blattkompost mit *multiseta* übergetreten. Von den früher als *Onychiurus armatus* bezeichneten Arten war es bisher nicht möglich, im Kompost eine andere als *O. fimatus* n. sp. zur Vermehrung zu bringen, und erst noch lange nicht in jedem beliebigen Kompost; sagen aber dieser Art die Bedingungen zu (Schatten, Durchlüftung), so kommt es in kurzer Zeit zu einer Massenentfaltung. Gleichsinniges gilt für die Arten der *Onychiurus fimetarius*-Gruppe, die Kompost in wieder anderen Verrottungszuständen bevölkern. Beim Verfolgen von Collembolen-Sukzessionen in verwesendem Kompost hat sich herausgestellt, daß diese nur einen Spezialfall eines allgemeineren Problems darstellen, nämlich der Abhängigkeit dieser Insekten von den herrschenden Zersetzungsumständen. Es eröffnet sich jetzt die Möglichkeit, auf Grund der Collembolenfauna einfache Rückschlüsse auf die durchgemachten und augenblicklichen Fermentierungsvorgänge im Kompost zu ziehen. Die Ernährung bzw. die Fortpflanzungsfähigkeit der einzelnen Collembolenarten scheint eng von der Art der mikrobiellen Tätigkeit oder deren Produkte im Boden abzuhängen. Es ist wahrscheinlich, daß Untersuchungen in dieser Richtung zu einer Klärung des Problems der Humusbildung führen werden. Zugleich können sie uns Mittel zur Bodenbeurteilung an die Hand geben, die an Einfachheit und biologischem Aussagereichtum den chemischen und physikalischen Methoden überlegen wären.

Ökologische Differentialarten findet man zwar manchmal am gleichen Standort beisammen; geht man aber der Entwicklung dieser Lebensgemeinschaften nach, so ergibt sich, daß es sich um kürzer oder länger dauernde Übergangsstadien handelt. Eine ubiquistische Collembolenart, die in allen Milieus gedeiht, ist mit Sicherheit nicht bekannt geworden. Gegenteilige Behauptungen in der Literatur beruhen auf voreiligen Schlüssen, ungeeigneten ökologischen Methoden[3]) und falschen Bestimmungen. Daß ökologische Arbeiten, in denen die systematische Grundlage vernachlässigt wird, der Wissenschaft und durch die falsche Orientierung insbesondere jungen Kräften einen schlechten Dienst erweisen, verdient nur deshalb wiederholt zu werden, weil hier so viel Übereiltes geleistet wurde und noch wird[4]).

Bodenbiologen, die sich nicht voll auf Collembolen spezialisieren wollen, sollten auf Nennung nur irreführender Artnamen verzichten und sich von vornherein auf die typischen Lebensformen beschränken, die bei Collembolen leicht zu trennen und auch ökologisch bedeutsam sind. Dabei ist allerdings zu beachten, daß bloße Individuensummen meist nicht vergleichbar sind. Bei gleichem Gesamttiergewicht (oder Volumen) ist die Fraßleistung von 1000 Individuen nur etwa 2mal größer als von 100, trotz einem Individuenverhältnis von 1:10. Das heißt: produktionsbiologisch liefern Volumina ein weniger falsches Maß. Daher sind die einfachen Maßzahlen, die man durch Sedimentierenlassen der nach Lebensformen gesonderten Tiere in engen Röhrchen erhält, verbunden mit Schätzungen der Individuenabundanz, relativ zuverlässiger.

Naturhistorisches Museum, Genf.
H. GISIN.

Eingegangen am 3. Oktober 1951.

[1]) GISIN, H.: Verh. naturforsch. Ges. Basel **55**, 1 (1944).
[2]) GISIN, H.: Mitt. schweiz. ent. Ges. **22**, 385 (1949); **25**, 1 (1952). STACH, J.: Acta monogr. Mus. Hist. nat. Krakau **1—4** (1947—1951).
[3]) GISIN, H.: Année biol. **27**, 81 (1951).
[4]) z. B. SCHALLER, F.: Zool. Jb (Syst.) **78**, H. 3 (1949); **79**, H. 5/6 (1951). — Naturwiss. **36**, 296 (1949).

Besprechungen.

Waerden, B. L. van der: Moderne Algebra. Unter Benutzung von Vorlesungen von E. ARTIN und E. NOETHER. 3. Aufl., Teil 1. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950. VIII u. 292 S. DM 24.—; Gzl. DM 27.—.

Über das seit 20 Jahren bekannte und beliebte Lehrbuch der Algebra von VAN DER WAERDEN etwas zu sagen, ist beinahe überflüssig. Es sei darum gestattet, nur auf die Veränderungen hinzuweisen, die das Buch bei der 3. Auflage erfahren hat. Die erst in der 2. Auflage in einem eigenen Kapitel dargestellte Bewertungstheorie ist noch ausführlicher behandelt worden, der immer größeren Bedeutung entsprechend, die sie in der Zahlentheorie und der algebraischen Geometrie erlangt hat. Die Kennzeichnung der archimedisch bewerteten Körper durch OSTROWSKI hätte die Darstellung der Bewertungstheorie noch abgerundet.

In der 2. Auflage waren der Wohlordnungssatz und die darauf beruhende Konstruktion der algebraisch abgeschlossenen Körper im allgemeinen Fall fortgelassen; sie sind jetzt wieder

aufgenommen. Dagegen wurde der Paragraph über die Ausführung der körpertheoretischen Operationen in endlich vielen Schritten weggelassen.

Die Einführung der Polynome wurde deutlicher gestaltet, das dürfte dem Lernenden zustatten kommen, der durch den Polynombegriff der Analysis vorbelastet ist. Vielleicht wäre es zweckmäßig gewesen, den Begriff des hyperkomplexen Systems nur für kommutative Grundringe einzuführen, wie es meist geschieht. Auf diesen Punkt wird der Leser aber durch eine Arbeit von PICKERT hingewiesen.

Man mag es bedauern, daß die neuen Gesichtspunkte der GALOISschen Theorie nicht aufgenommen wurden. Jedoch gehört das wohl mehr in den Gedankenkreis des zweiten Buches, auf dessen 3. Auflage man gespannt sein darf.

M. DEURING (Göttingen).

Eingegangen am 8. Mai 1951.

Alfvén, H.: Cosmical Electrodynamics. London: Oxford University Press 1950. 237 S. u. zahlreiche Abb. Sh. 25.—.

Das vorliegende Werk behandelt die elektromagnetischen Erscheinungen in kosmischen Räumen, ein Forschungsgebiet, das seit einigen Jahren von verschiedenen Seiten her — Kosmischer Höhenstrahlung, Geophysik, Astrophysik — sich eines noch ständig wachsenden Interesses erfreut. Es setzt ausschließlich die Gesetze der normalen klassischen Elektrodynamik voraus. Dieser Standpunkt ist zwar von Zeit zu Zeit angefochten worden, z. B. in der Form einer zusätzlich postulierten fundamentalen Beziehung zwischen Rotation und Magnetismus der Himmelskörper; der Meinung des Verf., daß die Argumente für eine derartige Erweiterung der klassischen Elektrodynamik unzureichend sind, ist aber wohl beizupflichten.

Die Bedeutung der elektromagnetischen Erscheinungen in kosmischen Räumen beruht darauf, daß fast überall genügend viele freie Elektronen vorhanden sind, um eine gute elektrische Leitfähigkeit hervorzurufen. Wegen der großen Ausdehnung der betrachteten Gebilde führen daher schon überaus schwache elektromotorische Kräfte zu Magnetfeldern von oft beträchtlicher Stärke und rufen dann entsprechende dynamische Wirkungen hervor.

Das erste Kapitel gibt eine einführende Übersicht. Auf eine Eigentümlichkeit der kosmischen elektrischen Felder wird besonders hingewiesen: Wegen des geringen elektrischen Widerstandes der Himmelskörper und kosmischen Gasmassen bleiben die elektrischen Raumladungen stets klein. Die Anzahlen der positiven und negativen Ladungsträger sind in außerordentlich guter Näherung einander gleich, wir haben fast überall im Kosmos ein nahezu ideales Elektronenplasma vor uns.

Die nächsten Kapitel geben die Grundlagen für die in den letzten Abschnitten dargestellten Anwendungen. Das zweite hat die Bewegung geladener Teilchen in Magnetfeldern zum Gegenstand; neben der STÖRMERschen wird auch die vom Verf. entwickelte Störungsmethode dargestellt, welche dann besonders nützlich ist, wenn der Larmorradius klein ist gegen die Strecken, über welche das Magnetfeld merklich inhomogen ist. Im dritten Kapitel werden Gasentladungen betrachtet, insoweit sie im Hinblick auf die kosmische Elektrodynamik von Interesse sind. Unter den Eigenschaften des Plasmas sind besonders wichtig die Leitfähigkeit und der Diamagnetismus im Magnetfeld; hier haben allerdings neuere Arbeiten über das vom Verf. gegebene Bild schon merklich hinausgeführt.

Das folgende Kapitel ist den sog. magneto-hydrodynamischen Wellen, einer vom Verf. entdeckten Erscheinung, gewidmet. Diese treten in ausgedehnten leitenden Medien auf, wenn ein Magnetfeld vorhanden ist und das dynamische Gleichgewicht gestört wird. Unter geeigneten Bedingungen laufen die Störungen die magnetischen Kraftlinien entlang, welche sich dabei wie (durch den MAXWELLschen Zug) gespannte Saiten verhalten, an denen die Materie gewissermaßen festhängt.

In den letzten drei Kapiteln werden Anwendungen behandelt, zunächst auf die Sonnenphysik. Hier spielt die Frage der Existenz des allgemeinen Magnetfeldes der Sonne eine nicht unwichtige Rolle. Verf. betrachtet die Argumente für die Existenz eines solchen Feldes mit einer Polfeldstärke um 25 Γ (GAUSS) als überzeugend. Nun hat aber keine der neueren mit hoher Genauigkeit (einige Γ) durchgeführten Meßreihen diesen Wert bestätigt, und auch die mehr theoretischen Argumente des Verf. (S. 106) dürften kaum zwingend erscheinen. Leider nehmen fast alle weiteren Entwicklungen dieses Abschnitts Bezug auf diese Annahme, auch die vom Verf. aufgestellte Theorie der Sonnenflecken, gegen die COWLING wichtige Einwände erhoben hat. Ferner wird bei der Abschätzung der Aufheizung durch Stromwärmeverluste der Chromosphäre und der Korona mit einer sehr starken Erhöhung derselben durch Magnetfelder gerechnet, obwohl (wie auch in dem vorhergehenden 3. Kapitel schon dargelegt) der effektive spezifische Widerstand im Regelfall von Magnetfeldern kaum affiziert wird.

Die beiden letzten Kapitel behandeln die Theorie der erdmagnetischen Stürme und der kosmischen Höhenstrahlung. In letzterem Zusammenhang wird die zuerst (1937) vom Verf. aufgestellte Theorie eines galaktischen interstellaren Magnetfelds betrachtet, welche neuerdings auch in ganz anderem Zusammenhang (Polarisation des Lichts verfärbter Sterne) Bedeutung gewonnen hat. Allerdings weiß man jetzt, daß ein Magnetfeld der vom Verf. diskutierten Stärke ($\leq 10^{-9}$ Γ) viel zu schwach wäre, um die Höhenstrahlung zusammenzuhalten und isotrop zu machen.

Das Werk ist sehr lebendig geschrieben. Vielleicht ist es insofern in einem nicht ganz glücklichen Augenblick abgeschlossen worden, als die sehr intensive Arbeit an mehreren der behandelten Themen das Bild schon jetzt recht merklich verwandelt hat. Dies ist aber nicht zum geringsten Teil die Folge von Anregungen, die gerade vom Verf. der vorliegenden Monographie ausgingen, und in dieser Fähigkeit anzuregen beruht vielleicht auch das wichtigste Verdienst des hier besprochenen Werks.

L. BIERMANN (Göttingen).

Eingegangen am 27. April 1951.

Lockemann, G.: Robert Wilhelm Bunsen. Lebensbild eines deutschen Naturforschers. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1949. 262 S. u. 7 Abb. DM 9.50.

Das Lebensbild eines Chemikers wird immer ein Fachmann schreiben müssen, denn eine Würdigung der geleisteten Arbeiten wird immer ein integrierender Bestandteil eines solchen Buches sein. Wie schwierig es ist, dabei zugleich die historischen Bezüge für uns lebendig werden zu lassen, zeigt auch das hier besprochene Buch. Gestützt auf ein umfangreiches Quellenstudium, legt LOCKEMANN mit souveräner Fachkenntnis eine Zusammenstellung des wissenschaftlichen Lebenswerkes von R. W. BUNSEN vor. Aber hinter seinen hervorragenden Arbeiten bleiben die Persönlichkeit und der geistige Hintergrund der Zeit BUNSENS wohl ein wenig blaß und farblos.

Das unschätzbare Verdienst einer authentischen Verarbeitung des vorliegenden Quellenmaterials bleibt unangetastet. Zusammenstellungen u. a. der Arbeiten von und über BUNSEN, seiner wissenschaftlichen Ehrungen sowie eine soweit als möglich vollständige Ahnen- und Stammtafel der Familie BUNSEN bilden eine wertvolle Ergänzung.

KLAUS G. KINKEL (Göttingen).

Eingegangen am 31. Juli 1951.

Schröder, Robert: Krystallometrisches Praktikum. Grundbegriffe und Untersuchungsmethoden. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950. VIII, 199 S. u. 156 Abb. DM 15.60.

In der Zeit der röntgenographischen Kristallstrukturerforschung sind die einfachen Methoden einer kristallmorphologischen Analyse etwas „aus der Mode" gekommen. Die in den letzten Jahrzehnten zum Teil unter Berufung auf GOETHE zutage getretenen Bestrebungen, einer morphologischen Naturbetrachtung allgemein und speziell auch in der Kristallographie wieder mehr Geltung zu verschaffen, mögen in ihrem Erfolg verschieden beurteilt werden. Immerhin wäre es jedenfalls zu begrüßen, wenn eine moderne Anleitung einen Anreiz zur Beschäftigung mit der zu Recht wieder mehr Beachtung findenden Kristallmorphologie böte, zumal neuere Lehrbücher ihr verhältnismäßig wenig Raum geben. Auch gerade für alle Freunde kristallographischer Wissenschaft wäre ein solches Unterfangen verdienstvoll gewesen.

Den Verf. des vorliegenden Buches mögen wohl solche Erwägungen geleitet haben. Das Ziel scheint aber nicht recht erreicht. Das Buch hält nicht das, was es im Titel verspricht. Der erste Hauptteil enthält eine Erläuterung der kristallographischen Grundbegriffe und will zugleich ihre geschichtliche Entwicklung schildern. Damit geht der Verf. eigentlich schon über den nach dem Titel beabsichtigten Rahmen hinaus. Dabei ist die etwas schwerfällige Darstellung keineswegs überall glücklich und weder eine prägnante und moderne noch fehlerfreie, kristallklare Schau der Gesetze, Probleme und Entwicklungen. Auch wird man manches aus dem Inhalt — so beispielsweise aus dem Kapitel über die kristallographischen Symbole und viele unnötige Wiederholungen in dem über das Komplikationsgesetz — gern und ohne Schaden entbehren. Der Verf. gehörte der Schule von V. GOLDSCHMIDT an, dessen Andenken das Buch auch gewidmet ist, und er hat den größten Teil seiner wissenschaftlichen Tätigkeit in der nächsten

Umgebung dieses Forschers verbracht. So ist es verständlich, daß im zweiten Teil, dem „Messen, Zeichnen und Berechnen" der Kristalle die auf der Verwendung des Einkreisgoniometers wie auch der stereographischen Projektion aufgebauten Methoden leider nur sehr wenig Berücksichtigung finden. Hier ist so das Buch nur eine Erweiterung des didaktisch ausgezeichneten älteren „Kursus der Kristallometrie" von GOLDSCHMIDT † (1934), die sich nach dem Geschmack des Ref. auch mit manchen unnötigen Einzelheiten belastet, die den in das praktische Arbeiten am Instrument und am Zeichentisch Einzuführenden eher verwirren als zielsicher leiten. Gewiß ist die auch bekundete Nebenabsicht des Verf., das ganze unübersichtliche, weitverzweigte Schrifttum dieses Teilgebiets der Kristallmorphologie durch Bearbeitung und Zitieren wieder nutzbar zu machen, recht verdienstvoll; aber indem das Buch das V. GOLDSCHMIDTsche Erbe im wesentlichen aufzeichnet und weitergibt, bleibt es doch eben lückenhaft. Ref. vermißt zudem die Behandlung all der morphologischen Besonderheiten, die die Welt der Realkristalle (im Gegensatz zum Idealkristall) in den Oberflächenskulpturen der verschiedenen Art dem Bearbeiter nun einmal darbietet und denen doch selbst V. GOLDSCHMIDT einen Teil seiner Lebensarbeit gewidmet hatte.

H. SEIFERT (Münster).

Eingegangen am 30. April 1951.

Michel, Kurt: Die Grundlagen der Theorie des Mikroskops. Bd. I: Physik und Technik. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft m.b.H. 1950. 8°. XII, 314 S., 160 Abb. u. 15 Tab. Lwd. geb. DM 27.—.

Der Verf. geht von der Überlegung aus, daß ein Mikroskop nur dann voll ausgewertet werden kann, wenn der Benützer auch theoretisch gründlich über dieses Instrument Bescheid weiß. Es ist dabei keineswegs Aufgabe des Buches, tiefer in die neueren Erkenntnisse über das Wesen des Lichtes einzudringen; die theoretischen Auseinandersetzungen über die mikroskopische Optik sind vielmehr alle auf das Ziel ausgerichtet, unmittelbar als Grundlage für die praktische Anwendung zu dienen. Demzufolge gehört der größte Teil der Darstellung in das Gebiet der geometrischen Optik, und in den wellenoptischen Betrachtungen wird die klassische Undulationstheorie als für den vorliegenden Zweck vollständig ausreichend verwendet.

Der kleinere *Teil I* beschäftigt sich mit den allgemeinen Grundlagen der normalen Optik des sichtbaren Lichtes (Absorption, Reflexion, Brechung, Dispersion, Beugung usw.) in ihrer verschiedenen Auswirkung im Linsensystem. Dann folgen Kapitel über Strahlenbegrenzung (Pupillen, numerische Apertur, Perspektive, Helligkeit...). Anschließend daran werden die Empfangsgeräte besprochen: das Auge, die lichtempfindlichen Schichten und die auf der lichtelektrischen Wirkung beruhenden Apparate.

Es kommt in diesem Teil also gerade einer der mehr formalen Abschnitte der allgemeinen Physik zu Worte, der in gewissem Sinne bereits abgeschlossen erscheint und im modernen Unterricht wegen der gewaltigen Anschwellung des Stoffes und im Zuge einer in der Entwicklung der Wissenschaft begründeten Verlagerung des Interesses meist wesentlich kürzer, als es bis vor nicht allzulanger Zeit noch der Fall war, behandelt wird.

Teil II, fast doppelt so lang wie Teil I, beschäftigt sich speziell mit der Optik bestimmter Instrumente, und zwar sowohl der „verdeutlichenden" (Fernrohr, Lupe, einfaches und zusammengesetztes Mikroskop) wie der „reproduzierenden" (Photographische Kameratypen für Fern-, Nah- und Mikroaufnahmen). Besonders dieses letztere Gebiet ist wohl in neuerer Zeit nirgends so eingehend im Zusammenhang behandelt worden wie hier, wozu die reiche persönliche Erfahrung des Verf. gerade auf diesem Sektor die Möglichkeit bot. Die Darstellung der eigentlichen (wellenoptischen) Abbildungstheorie gründet sich ganz auf die Anschauungsweise von E. ABBE, dessen Vorstellungen auch sonst an zahlreichen Stellen des Buches als Grundlage aufgeführt werden. Die Verwendung des Werkes beim Studium und bei der praktischen Arbeit wird dadurch sehr erleichtert, daß eine Menge der im Text behandelten Einzelheiten gewissermaßen in einem Anhangsteil in „Übersichten" (über Symbolik, Formeln, Abbildungen, Zahlentafeln) gemeinsam mit einem ausführlichen Literatur- und Sachverzeichnis zusammengestellt ist.

Die sehr klare und anschauliche Darstellungsweise geht nirgends über die an unseren höheren Schulen gelehrten mathematischen Begriffe hinaus, und selbst innerhalb dieses Rahmens werden nur in wenigen Fällen Mittel der Infinitesimalrechnung verwendet. Diese Fälle beziehen sich zudem auf Einzelheiten, die beim ersten Studium ohne eine Gefahr für das Gesamtverständnis überschlagen werden können. Letzteres wird noch außerordentlich gefördert durch die sehr zahlreichen, zum Teil bunten Abbildungen, die fast ausschließlich vom Verf. neu entworfen wurden. Wünschenswert wäre eine dazu passende Darstellung, in welcher auf apparative Einzelheiten (Monochromatoren, Kondensoren, Objektiv- und Okulartypen, Gesamtbild eines Mikroskops mit Bezeichnung der Einzelteile) eingegangen würde.

Das auch buchtechnisch gut ausgestattete Werk sei allen, denen an gediegener mikroskopischer Arbeit gelegen ist, Biologen wie Anorganikern, Anfängern wie Fortgeschrittenen aufs wärmste empfohlen.

H. SCHUMANN (Göttingen).

Eingegangen am 27. April 1951.

Patzelt, Viktor: Das Mikroskop und seine Nebenapparate im Dienst der Naturwissenschaften, Medizin und Technik. Mit einem Beitrag über Polarisationsmikroskopie von FRANZ RAAZ. Wien: G. Fromme & Co. 1950. 162 S., 118 Abb., darunter 4 Farbbilder. Geh. DMark 16.—; Hln. DMark 18.—.

Nach längerer Pause sind in jüngster Zeit im deutschen Schrifttum gleich zwei umfangreichere Einführungen in die Lehre vom Mikroskop erschienen: Das Werk von MICHEL und das vorliegende Buch. Während sich ersterer Autor mit der Theorie des Mikroskopes und der Mikroskopie in einer Darstellungsart befaßt, welche an den physikalisch weniger geschulten Leser immerhin gewisse Ansprüche stellt, ist das Werk von PATZELT von vornherein mehr auf den praktischen Gebrauch eingestellt. Es soll „hauptsächlich Medizinern, Zoologen, Botanikern und Technikern mit Hilfe zahlreicher Abbildungen ein richtigeres und vollständigeres Verständnis des Mikroskopes für seine richtige Anwendung ermöglichen ..." Es kann vorweg gesagt werden, daß der Verf. dieses Ziel zweifelsohne ausgezeichnet erreicht hat. Die sehr zahlreichen Abbildungen und ihre ausführliche Beschriftung stellen für sich schon einen brauchbaren Einführungskursus der Mikroskopie dar. Das Bildmaterial ist durchweg klar und von didaktischer Einprägsamkeit. Fast alle abgebildeten Apparate stammen übrigens aus den Reichertschen Werkstätten; der deutsche Leser wird es vielleicht begrüßen, auf diese Weise mit der neuesten Produktion dieser bekannten österreichischen Firma bekannt gemacht zu werden. Neben dem normalen Durchsichtmikroskop finden auch die modernen und modernsten Sondergebiete des Mikroskopes eine genügend ausführliche Darstellung: Ultraviolett-, Elektronen-, Fluoreszenz-, Ultramikroskopie und Dunkelfeld, Phasenkontrasteinrichtung, Aufleuchtmikroskopie, Spiegelmikroskope. Als Vorbild für eine wirklich vorzügliche Darstellung, die auch dem weniger Vorgebildeten die theoretischen Grundlagen einer praktischen Anwendung verständlich macht, möchte Verf. etwa die Behandlung des KOHLERschen Beleuchtungsprinzips (S. 31—33) oder des Phasenkontrastverfahrens (S. 100 bis 106) hervorheben. Nur in seinem Schlußkapitel „Mikroskopie in verschiedenen Größenbereichen" scheint sich der Verf. doch wohl etwas übernommen zu haben, wenn er auf knapp zwei Seiten einen Überblick über die der mikroskopischen Beobachtung erschließbaren Gegenstände geben und dabei noch ein dickes Bündel verschiedenartigster naturwissenschaftlicher Probleme einbeziehen will: Atom- und Molekelbau, Riesenmolekeln hochpolymerer Substanzen, Fermente, Hormone, Duplikanten der Tier- und Pflanzenzellen, Viren, Bakterien, „die durch ihre photosynthetische Assimilation den Pflanzen nahestehenden Blaualgen" usf. Ein solcher Versuch mußte notwendigerweise scheitern, und das erwähnte Kapitel liefert den Beweis dafür. Derartige Dinge wird freilich niemand in diesem Buche suchen, und so wird dessen großer Wert dadurch auch nicht beeinträchtigt.

Alles in allem scheint die PATZELTsche Darstellung vorzüglich geeignet, jedem Leser das Maß an Wissen zu vermitteln, welches für den verständnisvollen Gebrauch des Mikroskopes notwendig ist. Wer vertiefte Information in physikalischer Richtung wünscht, wird als Weiterführung und Ergänzung zu dem Buch von MICHEL greifen.

Im zweiten, völlig selbständigen Teil des Werkes (32 S.) führt F. RAAZ in die Polarisationsmikroskopie ein. Anschließend an die Grundlagen der Kristalloptik (einfache und doppelte Lichtbrechung, optisch positive und negative Kristalle, optische Ein- oder Zweiachsigkeit usw.) wird auf den Gebrauch des Polarisationsmikroskopes selbst eingegangen. Hierbei beschränkt sich der Verf. in zweckmäßiger Weise fast ganz auf die orthoskopische Untersuchung; die konoskopische Untersuchung hat ja bisher im biologischen Bereich keine umfangreiche Verwendung gefunden. Auch in dem Beitrag von RAAZ

wird das Verständnis durch reichliches, instruktives Abbildungsmaterial erleichtert. Seine textliche Fassung freilich scheint umständlicher und schwieriger zu sein, als es der Gegenstand verlangt und — vielleicht sogar — zuläßt. Nicht selten stolpert der Leser über wahre Satzungetüme. Vielleicht hätte es auch dem Verwendungszwecke des Buches noch besser entsprochen, wenn nicht nur mineralogische, sondern auch biologische Objekte als Anwendungsbeispiele berücksichtigt worden wären. Es wäre auch für den mineralogischen Verf. nicht allzu schwer gewesen, sie in den umfangreichen Einzelschriften aufzufinden. M. STEINER (Bonn).

Eingegangen am 11. April 1951.

Bräutigam, F., und A. Grabner: Beiträge zur Fluoreszenzmikroskopie. Arbeiten von v. BRÄUTIGAM, EPPINGER, GRABNER, HABERLANDT, HÖFLER, KÖHLER, MÜLLNER-HAITINGER, PATZELT, STRUGGER und ZIEGENSPECK. Wien: G. Fromme & Co. 1949. 128 S., 26 Abb., davon 20 Farbb. Geh. DM 22.—; Hln. DM 24.—.

Der vorliegende erste Sonderband, der im gleichen Wiener Verlag wie die Zeitschrift „Mikroskopie" erschienen ist, ist dem Andenken des Begründers der modernen Fluoreszenzmikroskopie, Dr. h. c. MAX HAITINGER gewidmet. Der Charakter der Denkschrift dürfte es in erster Linie bedingen, daß er einen relativ heterogenen Inhalt darbietet: Neben einer Würdigung und einem Schriftverzeichnis MAX HAITINGERS (F. BRÄUTIGAM) eine elementare Einführung (F. BRÄUTIGAM und A. GRABNER), einen Sammelbericht über die Bedeutung der Fluoreszenz in der Mineralogie und Petrographie (H. HABERLAND und A. KÖHLER), ein Literaturreferat (V. PATZELT) und schließlich eine Reihe von Originalarbeiten aus den Gebieten der medizinischen Pathologie (H. EPPINGER) und der botanischen Zellforschung (K. HÖFLER, M. ZIEGENSPECK, S. STRUGGER, K. HÖFLER und TH. MÜLLER-HAITINGER). Dieser Sammelband wird von allen begrüßt werden, die sich selber mit fluoreszenzmikroskopischen Studien beschäftigen oder für diese Forschungsrichtung interessieren, da hiemit zum ersten Male nach der 1938 erschienenen „Fluoreszenzmikroskopie" HAITINGERS wieder eine Art zusammenfassender Darstellungen geboten wird. Das weitgesteckte Anwendungsgebiet der fluoreszenzmikroskopischen Methode wird hier eindrucksvoll demonstriert. Schließlich wird ein solcher Überblick auch allen denen von Nutzen sein, die zwar die genannte Methodik selbst noch nicht angewandt haben, die aber in irgendeiner der zahlreichen Disziplinen arbeiten, für welche die mikroskopische Fluoreszenzanalyse bis jetzt schon Vorzügliches geleistet hat.

Ein Eingehen auf den Inhalt der einzelnen Beiträge verbietet die Rücksicht auf den verfügbaren Raum. Wir müssen uns auf einige kurze, mehr oder minder willkürlich gewählte Hinweise beschränken. Die Arbeit von EPPINGER bringt wichtige Beiträge zur fluoreszenzhistologischen Kennzeichnung der serösen Entzündung, illustriert durch vorzügliche Farbbilder, die aus der im Erscheinen begriffenen „Permeabilitätspathologie" des gleichen Autors entnommen sind. HÖFLER berichtet über die Beurteilung des Lebenszustandes pflanzlicher Zellen mit Hilfe von Fluorochomen, über Wundrandphänomene, färberische Besonderheiten der Spaltöffnungen und über die Erscheinung der „vollen" und „leeren" Zellsäfte. Sehr wichtige Beiträge zur Feinstruktur pflanzlicher Zellmembranen liefert ZIEGENSPECK durch Studien über die von ihm entdeckte Difluoreszenz, das ist die Emission polarisierten Fluoreszenzlichtes bei gerichteter Einlagerung von Fluorochomen. STRUGGER ergänzt und erweitert seine früheren Mitteilungen über Fluorochomierung von Bakterien mit Acridinorange; vor allem die so ermittelten Daten über die Zahlen der lebenden Bakterien in Böden (bis 9 Milliarden je Gramm trokkener Erde) werden allgemeineres Interesse finden. Alle Aufsätze, nicht zuletzt auch der Sammelbericht von HABERLANDT und KÖHLER, versäumen nicht, auf noch offene Probleme hinzuweisen, deren manche noch mit Hilfe der fluoreszenzmikroskopischen Methode einer Erklärung zugänglich sein mögen. M. STEINER (Bonn).

Eingegangen am 11. April 1951.

Thesing, Curt: Schule der Biologie. München: Franz Ehrenwirth 1950. 420 S. u. 91 Abb. DM 12.80.

Der Verf. (Mitbegründer der „Naturwissenschaften", 1913) gibt seine „Schule der Biologie" in 2. Auflage heraus (1. Auflage 1934). Er versucht, das Grundwissen und die wichtigsten ungelösten Probleme der allgemeinen Biologie allgemeinverständlich darzustellen. Als glücklich gewähltes literarisches Stilmittel erweist sich die Form des *Gesprächs zwischen zwei Personen*, „ICH" und „ER". Das Spiel des Dialogs lockert die Folge der Darstellung; es erleichtert die Anhäufung vielen Tatsachenmaterials ohne verbindende Theorie, ohne dabei dem Leser das Gefühl der Leere oder das Theorienbilden auf eigene Faust aufzuzwingen; es ermöglicht weiter, theoretischen Aussagen gerade den Platz zwischen Nichtwissen und Sicherheit zuzuweisen, der den meisten Aussagen dieser Art in der Biologie gebührt (z. B. dadurch, daß „ER", der um eine Nuance falsch versteht, ein- oder mehrfach zurechtgewiesen wird). — Der Dialog zwischen „ICH" und „ER" meistert dadurch zwei Notwendigkeiten, die den Stil populärer biologischer Schriften sonst meist schwer belasten und oft zu Fehldarstellungen führen: *Viele Tatsachen* und trotzdem *unsichere Schlüsse* darzustellen und dennoch leicht lesbar zu bleiben.

Verf. ist ausgezeichnet informiert auch in der angewandten Biologie. Im Kapitel „Der Kampf der Teile" referiert er eigene experimentelle Arbeiten über Spermatogenese. Im Kapitel „Erbbiologische Nutzanwendungen" greift er die Frage der Eugenik mutig auf, zitiert aber sehr geschickt fast nur amerikanische Maßnahmen und Forschungsarbeiten; sie führen ihn zu einer klaren Stellungnahme für eine vernünftige Eugenik, die zwischen den beiden schädlichen Extremen, gar nichts oder zuviel zu tun, vermittelt. Als Leitmotiv zieht sich durch das ganze Buch die Frage nach der Evolution. Mit großer Sorgfalt, erläutert durch viele Beispiele, werden fast alle jemals geäußerten Gründe und Gegengründe aufgezeichnet (Kapitel hierzu: „Vom Kampf ums Dasein"; „Anpassungserscheinungen"; „Einwände und Bedenken"; „Mängel in der Organisation"; „Wiederauferstehung der Selektionstheorie"). Das Buch ist auch in englischer Sprache erschienen. Leider fehlt jeglicher Literaturhinweis, um dem Interessierten weiterzuhelfen. B. HASSENSTEIN (Wilhelmshaven).

Eingegangen am 4. Mai 1951.

Kräusel, R.: Versunkene Floren. Eine Einführung in die Paläobotanik. Frankfurt a. Main: W. Kramer 1950. Senckenbergbuch 25. 216 S., 28 Abb. u. 64 Taf. DM 9.50.

Das vorliegende Buch ist als eine in mehrfacher Beziehung sehr erfreuliche Erscheinung zu begrüßen. Einmal gibt es also wieder eine wenn auch kurze Zusammenfassung des modernen Standes der Kenntnis des ehemaligen Pflanzenkleides der Erde in deutscher Sprache. Ferner ist dem Stande der Kenntnis dieser immer noch zu wenig bekannten Wissenschaft in jeder Beziehung Rechnung getragen, so daß wohl auch die Fachwelt über das Buch nur anerkennend und beifällig sich äußern kann. Es ist weiter erstaunlich, was für eine Menge Stoff in diesem Buch auf dem beschränkten Raum zusammengetragen worden ist, wo auch noch allgemeine Fragen behandelt werden, wie Kohlenbildung, Stammesgeschichtliches, Pflanzengeographisches usw. Es ist schon an die 30 Jahre her, daß die letzte Auflage des Lehrbuchs des Ref. erschienen ist, und noch ist nicht abzusehen, wann eine neue erscheinen kann. Das HIRMERsche Handbuch ist ein Torso geblieben und wird es bleiben. Der Verf. hat auf so vielen Gebieten der Paläobotanik sich selbst betätigt und seine Wissenschaft zum Teil allein, die der Devonflora zusammen mit seinem Freund WEYLAND enorm gefördert, so daß er, soweit es ein einzelner kann, das Gebiet weitgehend beherrscht, und das sieht der Fachmann auf jeder Seite des Buches. Selbst die neuesten Veröffentlichungen des Auslandes, insbesondere der Nordamerikaner sind berücksichtigt. Wegen der Fülle des Stoffes erklärt Verf. zwar in der Einleitung, daß er auf die Darstellung der jüngsten Floren verzichten müsse oder wolle. In Wirklichkeit aber bringt er auch von diesen so viel, daß ein Bild der Vegetation dieser Zeit aus seinem Buch entnommen werden kann. Er hat sich auch die Mühe gemacht, die benutzten Figuren anderer Autoren nicht einfach abzudrucken, sondern hat diese zum Teil klarer und eindrucksvoller gebracht als mancher der Autoren selbst. Von vagen Spekulationen hält er sich fern. Die Lektüre des Buches erfordert trotz des flüssigen, leicht lesbaren Stils gewisse Vorkenntnisse aus den verwandten Wissenschaften, der Botanik und Geologie. Wenn ich auf eine manchem vielleicht belanglos erscheinende Einzelheit noch mit Befriedigung hinweisen darf, so ist es diese, daß er die männlichen Organe der Lyginopteris oldhamia mit Ref. als unbekannt bezeichnet, während die meisten Lehrbücher sie nach wie vor kritiklos von den Engländern übernommen haben. So muß man das inhaltreiche Buch auch als Fachmann als sehr befriedigend bezeichnen, zumal auch die Abbildungen bis auf einige Unebenheiten ihren Zweck vollständig erfüllen.

W. COTHAN (Berlin-Charlottenburg).

Eingegangen am 18. Mai 1951.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Iso-Debyeflex der neue

Röntgenapparat mit kontinuierlich konstanter Gleichspannung für Feinstruktur-Untersuchungen

in Verbindung mit Interferenz-Goniometer und Zählrohrgerät mit Universal-Registriergerät

Rich. Seifert & Co. Hamburg 13

Röntgenwerk

Mathematische Grundlagen der höheren Geodäsie und Kartographie

Von Dr. **Robert König,** Professor an der Universität München, und Dr. **Karl H. Weise,** Professor an der Universität Kiel. In zwei Bänden.

Erster Band: **Das Erdsphäroid und seine konformen Abbildungen**

Mit 109 zum Teil farbigen Abbildungen. XVIII, 522 Seiten. 1951. DM 46.—; Ganzleinen DM 49.60

Inhaltsübersicht: Das Sphäroid. Berechnung der Krümmungsgrößen, des Meridian- und Parallelkreisbogens, der Oberfläche. — Die drei komplexen Grund-Flächenvariablen A = M, B, Γ für eine Drehfläche, insbesondere für Sphäroid und Kugel. — Zwischenstück: Konforme Abbildung zweier Ebenen. — Der geometrische Zusammenhang zwischen A, B, Γ. — Analytische Darstellungsmittel (Reihen) für den Zusammenhang zwischen A, B, Γ und ihren Exponentialfunktionen. Zwischenstück: Konforme Abbildungen des Sphäroids auf die Kugel durch μ = M. — Die konforme Abbildung des Sphäroids auf Ebene, Kugel und Sphäroid. — Die stereographischen Abbildungen, Kegelabbildungen und die allgemeine Bogenabbildung des Sphäroids. — Die Transformationen der isothermen Koordinatensysteme. — Verschiedene Projektionen des Erdsphäroids auf Ebene, Kugel und Drehellipsoid. — Hilfsmittel aus der Analysis. — Schriftenverzeichnis. — Sachverzeichnis.

Das vorliegende Werk behandelt denjenigen Teil der Geodäsie, in dem die Erdfigur als schwach abgeplattetes Drehellipsoid mit bekannten Dimensionen, kurz Sphäroid genannt, angenommen wird. Im Gegensatz zur „Niederen Geodäsie", wo Teile der Erdoberfläche durch Ebene oder Kugel angenähert werden, spricht man hier von der „Höheren Geodäsie". Ihre Gegenstände sind — in mathematischer Stufenfolge — die Lagebeschreibung der Punkte auf dem Sphäroid durch Koordinaten, die geodätische Linie, das geodätische Dreieck und daraus gebildete Ketten und Netze.

Der erste Teil enthält in einheitlich organischem Aufbau die konforme Abbildung des Sphäroids auf Kugel und Ebene und damit die Gewinnung ebener, rechtwinkliger, konformer Punkt-Koordinaten. Besonderes Gewicht wird dabei auf das Studium der Sphäroidabbildungen im Großen gelegt, da nur hierdurch vertiefte Einblicke in die Struktur der Abbildungsfunktionen und ihre analytischen Darstellungsmittel gewonnen werden können.

Dieser Teil erscheint als erster Band des Werkes mit dem Untertitel: „Das Erdsphäroid und seine konformen Abbildungen" und liefert damit auch der höheren Kartographie die mathematischen Unterlagen.
Der zweite Band mit dem Untertitel: „Grundprobleme der höheren Geodäsie" ist in Vorbereitung.

Vorlesungen über Zahlentheorie

Von **Helmut Hasse,** o. Professor an der Humboldt-Universität zu Berlin. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Herausgegeben von R. Grammel, E. Hopf, F. K. Schmidt, B. L. van der Waerden. LIX. Band.) Mit 28 Abbildungen. XII, 474 Seiten. 1950. DM 42.—; Ganzleinen DM 45.—

Ihr Buch — obwohl 1950 erschienen — ist von gleicher Verfahrensweise wie der klassische Dirichlet-Dedekind, nicht nur durch die Gleichartigkeit der behandelten Materie, die Sie meisterhaft neu darzustellen verstanden haben, sondern auch vor allem durch die Fülle und die Vollkommenheit der Anordnung, wie die Wahl der historischen Hinweise und der konkreten Beispiele. Das ist eine Wohltat nach soviel Abstraktismus, der häufig recht unnütz ist und sich darauf beschränkt, ein oder das andere gemeinplätzige Theorem aus einem Dutzend irgendwoher genommener Postulate zu ziehen. Ihr Buch ist ein vortreffliches Beispiel der Gegenwirkung hierauf.
Ich werde nicht verfehlen, seine Lektüre den italienischen Studenten anzuraten und es selbst zu benutzen, wenn ich wieder Gelegenheit haben sollte, über Zahlentheorie zu lesen. *Professor F. Conforto, Rom*

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Registrierinstrumente

Von Oberingenieur **Albert Palm**, unter Mitarbeit von Dr. phil. nat. **Heinz Roth.** Mit 203 Abbildungen im Text. VIII, 220 Seiten. 1950. Ganzleinen DM 19.50

Inhaltsübersicht: Einleitung. Über die Bedeutung des Registrierens in Wissenschaft und Technik. — **I. Die Registriermittel.** A. Kontinuierliche Registrierung. B. Intermittierende Registrierung. — **II. Triebwerke.** A. Feder- und Gewichtswerke. B. Uhrwerke. C. Elektrische Antriebe. D. Papierantrieb durch eine Meßgröße. — **III. Meßwertübertragung im Registrierinstrument.** A. Die verschiedenen Übertragungsarten. B. Bedingungen für richtige Meßwertübertragung. C. Die Auswertung von Diagrammen. — **IV. Beschreibung der Instrumente.** A. Instrumente mit Meßwerken auf mechanischer Grundlage. B. Instrumente mit Meßwerken auf elektrischer Grundlage. — **V. Anwendung von Registrierinstrumenten.** A. Allgemeines. B. Anwendungsbeispiele aus der Wissenschaft. C. Anwendungsbeispiele aus der Technik. — Literaturverzeichnis. Sachverzeichnis.

Das vorliegende Buch gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Registrierinstrumente in Wissenschaft und Technik. Bei dem vorgesehenen Umfang und der großen Zahl bekanntgewordener Konstruktionen war eine stark einschränkende Auswahl notwendig auf Instrumente von typischen oder interessanten Eigenschaften und auf solche, die zahlreich im Einsatz sind. Von jeder größeren Gruppe ist mindestens ein Instrument ausführlich behandelt. Hierbei wurden diejenigen Instrumente bevorzugt, für die besonders gute Unterlagen zur Verfügung standen. Herstellerfirmen des In- und Auslandes haben dem Verfasser wertvolles Material zur Verfügung gestellt.

Technische Physik in Einzeldarstellungen

Herausgegeben von **W. Meissner.**

1.—5. Band sind vergriffen.

6. Band: **Hochstromkohlebogen. Physik und Technik einer Hochtemperatur-Bogenentladung.**
Von Professor Dr. **Wolfgang Finkelnburg.** Mit 132 Abbildungen. VIII, 221 Seiten. 1948. DM 22.50

Dieser Band enthält in 6 Kapiteln ein außerordentlich reichhaltiges, für den an der Physik und Technik stärkster Lichtquellen Interessierten wertvolles Material über den Hochstromkohlebogen, der bis jetzt mächtigsten technisch beherrschten Lichtquelle. W. Finkelnburg hat selbst mit seinen zahlreichen Mitarbeitern eine große Anzahl von Untersuchungen über den Hochstromkohlebogen durchgeführt, diese zum Teil veröffentlicht und wesentlich zur Klärung der Physik desselben beigetragen. Auf diese Untersuchungen wird in der Darstellung hauptsächlich zurückgegriffen. Bei der außerordentlichen Bedeutung der Physik hoher Temperaturen ist das Erscheinen dieses klar geschriebenen Buches zu begrüßen.

7. Band: **Grundlagen der Höchstfrequenztechnik.**
Von Dr.-Ing. **F. W. Gundlach,** Professor an der Technischen Hochschule Darmstadt, Direktor des Instituts für fernmeldetechnische Geräte und Anlagen. Mit 189 Abbildungen. VIII, 499 Seiten. 1950. DM 48.—

Das vorliegende Buch umfaßt alle wesentlichen Teilgebiete der Höchstfrequenztechnik wie Röhren, Leitungen, Hohlleitungen, Resonatoren, Schaltungselemente und Antennen. Der Titel „Grundlagen" ist so aufzufassen, daß die für die Höchstfrequenztechnik grundlegenden Zusammenhänge in wissenschaftlicher Strenge dargestellt sind. Es handelt sich nicht um eine erste Einführung in das Gebiet. Die Darstellung geht von den physikalischen Grundlagen (Elektronentheorie und Maxwellsche Feldtheorie aus und baut darauf die Erscheinungen der Elektronenströmung im Laufzeitgebiet und die Wellenausbreitung in Doppelleitern, Hohlleitern, Resonatoren und Antennen in einheitlicher Betrachtungsweise auf.

8. Band: **Wärmeübertragung im Gegenstrom, Gleichstrom und Kreuzstrom.**
Von Dr.-Ing. **Helmuth Hausen,** o. Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 230 Textabbildungen, XII, 464 Seiten. 1950. DM 69.—

Im vorliegenden Buch werden die Gesetze der Wärmeübertragung zwischen Stoffen, die sich im Gleichstrom, Gegenstrom oder Kreuzstrom bewegen, vom streng physikalischen Standpunkt aus so behandelt, daß sie auch dem Praktiker mit hinreichend mathematisch-physikalischen Kenntnissen verständlich erscheinen. Den Ausgangspunkt bilden die Ergebnisse der Forschung über den Wärmeübergang und Druckabfall in Rohrleitungen und Kanälen. Die Hauptaufgabe des Buches besteht darin, alle wichtigeren Theorien, die bisher über Wärmeaustauscher entwickelt worden sind, zusammenfassend und einheitlich darzustellen. Am Schlusse jeder Erörterung soll gezeigt werden, wie man die selbst aus verwickelten Theorien sich ergebenden Berechnungsverfahren fast immer verhältnismäßig einfach und rasch anwenden kann.

9. Band: **Kleinste Drucke — ihre Messung und Erzeugung.**
Von Dr. **Rudolf Jaeckel,** apl. Professor der Physik an der Universität Bonn und Leiter der Hochvakuumabteilung der Firma E. Leybold's Nachf., Köln-Bayental, unter Mitarbeit von Dr. Helmut Schwarz und Dr. Elisabeth Schüller. Mit 301 Textabbildungen. X, 302 Seiten. 1950. DM 39.60

Im Hinblick auf die in stürmischer Entwicklung befindliche Anwendung der Hochvakuumtechnik in Wissenschaft und Industrie nicht nur in Deutschland, sondern besonders auch in den USA dürfte die Darstellung ihrer physikalisch-technischen Grundlagen durch den Verfasser nicht nur für Physiker, sondern auch für den auf den Nachbargebieten Arbeitenden (Chemiker Pharmazeuten, Mediziner, Ingenieur usw.) gerade jetzt von akutem Interesse sein. Der Verfasser hat als Leiter der Entwicklungsabteilung einer auf dem Gebiet der Hochvakuumtechnik führenden Spezialfirma und als letzter Mitarbeiter Gaedes besonders enge Berührung mit allen im Vordergrunde des Interesses stehenden Problemen.

10. Band: **Die elektromagnetische Schirmung in der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik.** Von Dr. phil. **Heinrich Kaden,** Ober-Ing. der Siemens & Halske A.-G. Mit 145 Textabbildungen. VIII, 274 Seiten. 1950. DM 38.—

Ein aus der Forderung nach Wirtschaftlichkeit geborener Grundsatz in der Technik ist der, eine verlangte Wirkung mit möglichst geringem Aufwand zu erzielen. Zur Verwirklichung dieses Prinzips muß sich die Technik der Methoden und Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften und der Mathematik bedienen. Je mehr die wissenschaftlich arbeitenden Ingenieure hiervon beherrschen, um so wirtschaftlicher und exakter werden sie ihre technischen Aufgaben lösen können. In diesem Sinne soll ihnen dieses Buch Unterlagen auf dem Gebiete der elektromagnetischen Schirmung in die Hand geben. Das Buch enthält viele Ergebnisse, die bisher noch nicht publiziert worden sind und daher für die breite Fachwelt als neu bezeichnet werden können.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG
J. F. BERGMANN / MÜNCHEN

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.